ГОРОДСКИЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПОЧВЫ: КЛАССИФИКАЦИЯ, ДИАГНОСТИКА, СОСТОЯНИЕ

DOI dx.doi.org/10.24866/7444-4707-6/310-320

И.В. Киселева, П.А. Перепелкина, М.Л. Бурдуковский

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ОТВАЛЬНЫХ ПОРОДАХ ПАВЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Процесс освоения минерального сырья способствует возникновению техногенных, в частности, карьерно-отвалных ландшафтов, занимающих обширные площади. В Приморском крае, общий объем вскрышных пород от ежегодной угледобычи составляет около 80 тыс. тонн. Поэтому проблема возвращения землям, занятым отвалами, утраченной биологической продуктивности приобретает важное народно-хозяйственное и социальное значение. Традиционным способом ускорения воспроизводства почвенно-растительного покрова в техногенных ландшафтах является рекультивация. Обоснование способа рекультивации выполняется на основании совокупности агрохимических и биологических свойств отвалных пород.

Для юга Дальнего Востока России исследованию почв техногенных ландшафтов посвящены работы Л.Т. Крупской [1993], Н.М. Костенкова с соавторами [2007, 2010, 2013], С.А. Шляхова [2002], Л.Н. Пуртовой с соавторами [2014], И.В. Комачковой с соавторами [2012, 2014] О.В. Полохина с соавторами [2015]. При этом, известно, что даже на территории одного месторождения процессы самозаращения отвалов могут иметь различную скорость и направленность в зависимости от типа прилегающих растительных формаций, гранулометрического состава пород и особенностей рельефа отвалов. Соответственно, при решении вопросов интенсификации процессов самозаращения или рекультивации необходим индивидуальный подход к каждому объекту с учетом естественных процессов самовосстановления.

В связи с этим целью работы стало изучение основных физико-химических свойств пород, слагающих отвалы и формирующегося на них естественного почвенного покрова.

Исследования проведены на территории Павловского месторождения, расположенного на территории Михайловского района Приморского края. Изученная территория располагается в Амуру-Уссурийском климатическом районе, Тихоокеанской области, умеренной зоне с хорошо выраженными чертами муссонного климата Восточной Азии (Витвицкий, 1969). Сумма активных температур достигает 2500[°]С, осадков выпадает 550-600 мм в год (Степанько, 1992). Согласно схеме ботанико-географической зональности Павловское бурогольное месторождение находится в лесостепной зоне (Колесников, 1969).

Объектом исследований послужила формирующиеся почвы на разновозрастных отвалах вскрышных пород участков Северная депрессия (отвал 8 и 15 лет после отсыпки) и Северо-восточный (отвал 16 лет) (рис. 1). Породы, слагающие отвалы на участке Северо-Восточный, представлены рыхлыми покровными отложениями преимущественно тяжелого глинистого состава с примесью скелетной фракции (до 10 мм) 5-10 %. На участке Северная депрессия отвалы сложены преимущественно породами легкого гранулометрического состава – супесями. Гранулометрический состав определен в полевых условиях упрощенным способом, методом скатывания шнура. Содержание гумуса и основные физико-химические свойства почв исследовали общепринятыми методами [Пансю, Готеру, 2014]. Оценка физико-химических показателей проведена по грациям, предложенным Н.М. Костенковым, В.И. Ознобихиным [2007]. В работе придерживались классификации почв техногенных ландшафтов, предложенной В.М. Курачевым, В.А. Андрохановым [2010].

На участке Северная депрессия исследованы два отвала, сложенные породами сходного гранулометрического состава, но имеющие различный возраст и рельеф. Обследованный отвал 8-летнего возраста участка имеет коническую форму. На его склонах отмечены эрозионные процессы в виде струйчатых размывов. Растительный покров представлен исключительно травянистыми растениями. Заращение отвала неоднородное. Отмечаются обширные участки грунта свободного от растительности. Общее проективное покрытие на трансекте от 1 до 25 %. Отмечаются обширные участки грунта свободного от растительности. Всего на отвале обнаружено 11 видов сосудистых растений. Вершина отвала практически не зарастает. На склонах отвала в растительном покрове доминирует клевер луговой, ко-

торый хорошо развивается на породах, имеющих кислую реакцию среды. Склоны зарастают не равномерно. Наибольшее количество видов отмечено у подножия отвала. Породы отвала имеют кислую реакцию среды (рН_{вод} в верхнем слое 0-5 см варьируют от 3,66 на вершине отвала, до 4,75 у подножия). С глубиной значение рН незначительно снижается (табл. 1). Содержание органического углерода в поверхностном слое 0-20 см составляет в среднем 0,5 %, с глубиной снижается до 0,1-0,2 %.

Рис. 1. Карта-схема района исследований. 1. Участок Северная депрессия, 2. Участок Восточный

Таблица 1

**Основные физико-химические параметры почв
техногенных ландшафтов Павловского буроугольного месторождения**

Глубина, см	рН		Сорг., %	ГК, мг экв/100 г поч- вы	P ₂ O ₅	K ₂ O	Поглощенные основания, мг экв/100 г почвы			
	вод.	сол.			мг/100 г почвы		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Р. 1-16. Участок Северная депрессия. Отвал 8 лет. Нижняя часть склона (подножие)										
0-5	4,75	3,48	0,54	—	—	—	—	—	—	—
5-10	4,62	3,42	—	—	—	—	—	—	—	—
10-50	4,45	3,39	—	—	—	—	—	—	—	—
Р. 2-16. Участок Северная депрессия. Отвал 8 лет. Средняя часть склона										
0-5	4,40	3,36	0,48	7,75	2,11	6,18	7,21	9,27	0,44	4,65
5-20	4,30	3,30	0,60	8,79	2,01	5,15	5,15	8,24	0,44	3,99
20-50	4,19	3,34	—	5,87	1,89	5,10	—	—	—	—

Р. 3-16. Участок Северная депрессия. Отвал 8 лет. Вершина										
0-5	3,66	3,24	—	—	—	—	—	—	—	—
Р. 4-16. Участок Северная депрессия. Отвал 15 лет. Средняя часть склона										
0-5	6,20	5,07	1,08	3,00	1,94	66,15	13,65	13,65	1,78	4,06
5-10	4,78	3,46	0,12	7,62	0,68	7,28	9,36	10,40	0,88	3,99
10-30	5,61	3,95	0,06	2,49	0,68	31,50	—	—	—	—
30-50	6,00	4,33	—	1,66	0,88	5,15	—	—	—	—
Р. 5-16. Участок Северная депрессия. Отвал 15 лет. Выположенный участок										
0-5	6,60	6,05	3,36	3,63	7,56	48,30	28,35	12,60	1,34	4,74
5-10	5,93	4,41	1,17	5,07	3,43	44,72	—	—	—	—
10-20	5,30	3,64	1,02	8,01	2,35	42,80	—	—	—	—
20-30	5,40	3,84	0,36	4,74	0,80	10,70	—	—	—	—
30-50	6,05	4,27	—	2,45	1,71	5,35	—	—	—	—
Р.6-16 Участок Северная депрессия. Отвал 15 лет. Вершина										
0-10	4,67	3,33	2,49	14,3	1,02	21,40	10,70	12,84	0,45	5,52
Участок Северо-восточный. Отвал 16 лет. Нижняя часть склона										
5-10	5,73	4,28	—	—	—	—	—	—	—	—
Р. 7-16. Участок Северо-восточный. Отвал 16 лет. Нижняя часть склона										
0-5	6,40	5,44	0,54	1,99	0,18	29,87	7,21	13,39	0,88	3,99
5-10	6,00	4,51	0,12	1,70	0,08	12,36	—	—	—	—
10-30	6,12	4,25	—	2,92	0,03	10,50	—	—	—	—
Р. 8-16. Участок Северо-восточный. Отвал 16 лет. Средняя часть склона										
0-5	6,22	5,01	0,31	—	—	—	—	—	—	—
Участок Северо-восточный. Отвал 16 лет. Разреженная растительность										
0-5	6,30	5,49	0,12	0,94	0,08	5,05	—	—	—	—
Р. 9-16. Дубовый лес. Ненарушенная территория										
0-3	7,15	6,64	9,48	2,26	40,00	62,64	64,80	17,28	1,84	6,97
3-12	6,31	5,46	2,79	4,44	1,14	26,00	15,60	13,52	0,44	4,70
12-30	5,91	3,83	0,12	5,60	0,08	5,15	7,21	11,33	0,44	4,65
30-50	5,77	5,35	1,56	7,27	0,21	4,20	—	—	—	—

Примечание: «—» – нет данных.

В таких условиях формируются эмбриоземы инициальные. В породах отвала обнаружено низкое содержание подвижных соединений фосфора (2,1 мг/100 г почвы) и калия (6,2 мг/100 г почвы). В почвенном поглощающем комплексе (ППК) содержится до 7,2 мг экв/100 г почвы Ca^{2+} , 9,3 – Mg^{2+} , 0,4 – K^{+} и 4,6 мг экв/100 г почвы – Na^{+} . Вниз по профилю отмечалось некоторое уменьшение этих показателей.

Исследованный 15-летний отвал участка Северная депрессия, отсыпан таким образом, что имеет выположенный участок примерно на середине склона. В связи чем, здесь можно выделить несколько стадий почвообразовательного процесса – от инициальной на вершине до стадии формирования гумусово-аккумулятивного горизонта на террасе.

Всего на отвале обнаружено 30 видов растений, относящихся к 11 семействам. В растительном покрове по количеству видов преобладают травянистые растения (25 видов, что составляет 83,3 % всего видового состава флоры исследуемого отвала). Склоны исследуемого отвала активно зарастают хвощем, полынью, вейником, формируя простую растительную группировку. В нижней части склона отвала формируется хвощево-разнотравная синузия. Хвощ полевой и полынь красностебельная доминирует в средней части склона, здесь развивается хвощево-полынная синузия. Выше по склону синузия становится полынно-вейниковой. Из древесной растительности единично встречается подрост ивы и тополя. Высокое проективное покрытие травянистой растительности препятствует развитию водной и ветровой эрозии. Поверхностный слой густо переплетен корнями, формируя дернину. В таких условиях формируются эмбриоземы дерновые. Гумусообразовательным процессом затронут только поверхностный слой мощностью 5-7 см. Содержание органического углерода в нем – 1,1 % и резко снижается с глубиной до 0,1 %. Реакция среды нейтральная в поверхностном горизонте (рНвод. 6,2), в нижележащих – слабокислая и кислая (рНвод. 4,8-6,0). Содержание подвижных форм фосфора низкое (1,94 мг/100 г почвы), с глубиной уменьшается до 0,68 мг/100 г почвы. Содержание K_2O избыточное (66,0 мг/100 г почвы), с глубиной снижается до низких значений (5,1-7,3 мг/100 г почвы). По сравнению с 8-летним отвалом в ППК увеличивается содержание Ca^{2+} до 13,6 мг экв/100 г почвы, содержание Mg^{2+} до 13,6, K^+ до 1,8, количество Na^+ незначительно снижается до 4,0 мг экв/100 г почвы.

Склон отвала переходит в выположенную террасу шириной около 15 м. Проективное покрытие растительности достигает 80 %. Это стадия фитоценоза со сложной растительной группировкой. Здесь отмечено активное возобновление осины и ивы. На долю древесной растительности приходится до 50 % всего проективного покрытия. Травяной ярус разнотравный, проективное покрытие – 30 %. Увеличивается количество представителей семейства злаковые по сравнению со склоновыми поверхностями отвала. В со-

став травянистой растительности входят представители как луговой, так и лесной растительности. Формирующаяся здесь почва – эмбриозем гумусово-аккумулятивный. Реакция среды в гумусовом горизонте нейтральная (рНвод. 6,6) и слабокислая в нижележащих (рНвод. 5,7).

Количество органического углерода возрастает до 3,4 % и снижается с глубиной до 1,2-0,4 %. Содержание подвижных форм фосфора находится на уровне высоких значений (7,5 мг/100 г почвы), калия – очень высоких (48,3 мг/100 г почвы). В почвенном поглощающем комплексе увеличивается содержание Ca^{2+} до 28,3 мг экв/100 г почвы, содержание Mg^{2+} составляет 12,6, K^+ – 1,34, Na^+ – 4,74 мгэкв/100 г почвы.

Наименьшее проективное покрытие растительности (до 10 %) отмечается на вершине изученного отвала, растительность разрежена и представлена в основном травянистыми растениями семейства злаковые и хвощовые. Единично встречаются подрост ивы до 2 м высотой. Породы отвала на вершине имеют кислую реакцию среды (рНвод. 4,67) и высокую гидролитическую кислотность. Содержание подвижных форм фосфора низкое (1,0 мг/100 г почвы), калия высокое (21,4 мг/100 г почвы). Количество органического углерода достигает 2,5 % в верхнем 10 см слое, что связано с присутствием углистых частиц. В таких условиях формируются эмбриоземы инициальные. В почвенном поглощающем комплексе количество Ca^{2+} несколько меньше, чем на других участках отвала (10,7 мг экв/100 г почвы), Mg^{2+} содержится 12,8, K^+ – 0,45 и Na^+ – 5,5 мг экв/100 г почвы. В целом же содержание Ca^{2+} в ППК на супесчаных отвалах выше чем на глинистых того же возраста и увеличивается с развитием почвообразовательных процессов.

Исследован так же глинистый отвал, отсыпанный около 16 лет назад на участке Восточный. Отвал имеет вытянутую в длину форму и более пологие склоны, чем изученные отвалы на участке Северная Депрессия. Неоднородное зарастание отвала связано с активной эрозией в виде глубоких промоин, и смылов на некоторых элементах рельефа поверхностного слоя, где растительность либо отсутствовала, либо была очень разрежена. В растительном покрове на отвале доминируют хвощ, полынь, клевер. На вершине отвала ОПП достигает 50 %. Вниз по склону отмечаются обширные участки с разреженной растительностью, ОПП не превышает 5-10 %. В средней части склона, на хорошо заросших участках, проективное покрытие растительности возрастает до 75-80 %. Отмечены единичные экземпляры возобновляемой древесной растительности. В нижней трети склона ОПП состав-

ляет 80-100 %, на долю хвоща полевого приходится не менее 75 %. В этих условиях сформировались эмбриоземы органо-аккумулятивные. Узкая полоска дубового леса, протяженностью около 200 м, вплотную примыкающая к изученному отвалу, с включениями липы амурской и клена мелколистного, с развитым кустарниковым ярусом из леспедецы двуцветной, не оказывает заметного влияния на зарастание отвала древесными породами. Подрост дуба монгольского встречается единично и только у подножия отвала. Вследствие естественных причин, таких как эрозия субстрата, отсутствие семенного фонда пионеров мелколиственных пород древесных и невозможностью распространения семян дуба вверх по склону, развития древесно-кустарниковой растительности здесь сильно затруднено.

Породы отвала характеризуются нейтральной реакцией среды, как на заросших участках, так и с разреженной растительностью (рНвод. 6,3 в слое 0-5 см и снижается до 5,7-6,0 в нижележащих). Содержание органического углерода в верхнем горизонте эмбриоземов органо-аккумулятивных составляет 0,3-0,5 %, что в пересчете на гумус не превышает 1 %. На участке с разреженной растительностью содержание Сорг. находится в следовых количествах, что связано со смывом поверхностного слоя с этих участков. Содержание подвижных форм фосфора в породах отвала очень низкое, калия – очень высокое. Формирующиеся здесь эмбриоземы по физико-химическим показателям, таким как содержание гумуса, рН, содержание элементов питания растений, катионов в ППК не достигают значений, свойственным естественным почвам.

Ранее проведенными исследованиями [Комачкова, Пуртова, 2012], установлено, что глинистые отвалы активно зарастали хвощево-полынными группировками уже к 3 году отсыпки. К 8-ми летнему возрасту на них развивались простые растительные группировки с проективным покрытием до 80-90 %. Изначально кислые глинистые породы на этом этапе самозарастания приобретали слабокислую реакцию среды в поверхностном слое 0-20 см. Содержание органического углерода очень низкое (до 0,4 %). Количество подвижных форм находилось в пределах низких значений, калия – высоких.

В целом, по мере развития почвообразовательного процесса и накопления гумуса отмечалась тенденция к снижению кислотности пород. В ППК увеличивалось содержание катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , возрастало количество элементов питания растений.

Общей чертой для развития фитоценозов на отвалах Павловского месторождения является формирование на первых этапах самозарастания сообществ рудеральных растений. В этих сообществах доминируют, хвощ полевой, осот полевой и различные виды полыни. Продолжительность существования пионерной стадии, зависит от особенностей литологического и химического состава пород, форм техногенного рельефа и интенсивности эрозионных процессов. На отвалах легкого гранулометрического состава, в первое 10-летие, формирование почвенно-растительного покрова находится в инициальной стадии, развиты эрозионные процессы. При наличии выположенных участков на отвалах легкого гранулометрического состава, отмечалось активное возобновление древесной растительности уже к 15-летнему возрасту. При зарастании склонов супесчаных отвалов травянистой растительностью, эрозионные процессы не отмечались.

Глинистые отвалы гораздо быстрее зарастали пионерной растительностью и через 5-8 лет на отвалах формируются простые растительные группировки с ОПП до 80 %, накапливается подстилка, реакция среды изменяется в сторону увеличения показателей pH. При этом как на глинистых, так и на супесчаных отвалах отмечалась участки с полным отсутствием, либо с очень разреженным травянистым покровом, вследствие процессов водной эрозии.

На глинистых отвалах, не смотря на быстрое самозарастание, эрозионные процессы усиливаются со временем, что связано с тяжелым гранулометрическим составом пород и увеличением плотности их сложения. Это тормозило процессы гумусонакопления и развития почвенного покрова на поверхности изученных отвалов. Нанесение плодородного слоя на отвалы так же приводило к его частичному смыву. Древесный ярус не формировался, вследствие отсутствия вблизи отвалов лесных массивов с экологически-пластичными видами древесных растений, способных развиваться на глинах.

Таким образом, в условиях муссонного климата южного Приморья проведение только выполаживания склонов не целесообразно из-за развития эрозионных процессов. Для ускорения формирования почвенно-растительного покрова на отвальных породах наиболее оптимальным является террасирование склонов и при необходимости некоторое уменьшение их крутизны. При этом на глинистых отвалах необходимы приемы для снижения плотности сложения пород, либо нанесение плодородного слоя с одновременным подсевом трав для закрепления этого слоя во избежание

смыва. Для формирования на изученных глинистых отвалах участка Северо-Восточный полноценных лесных биогеоценозов необходимо создание искусственных лесных насаждений. На супесчаных отвалах при благоприятных формах рельефа происходит активное возобновление древесной растительности. По-видимому, на отвалы участка Северная Депрессия семена растений древесных пород (осина, ива) заносятся в бо́льшем количестве и их приживаемость на легких породах выше, чем на глинах. Для сокращения времени существования пионерных группировок, вероятно, необходимы мелиоративные мероприятия, направленные на снижение кислотности пород слагающих отвалы

По результатам исследований можно сделать следующие выводы.

1. Основные отличия в процессах почвообразования на глинистых и супесчаных отвалах заключались в длительности существования инициальной стадии почвообразования.

2. В состав почвенного покрова отвалов входят эбриоземы инициальные, дерновые, органо-аккумулятивные и гумусово-аккумулятивные. Одним из основных сдерживающих факторов развития почвенно-растительного покрова являются процессы водной эрозии.

3. На отвалах легкого гранулометрического состава, в первое 10-летие, формирование почвенно-растительного покрова находится в инициальной стадии. Породы отвала имеют кислую реакцию среды и обеднены основными элементами питания растений. Наличие выположенных участков на склонах супесчаных отвалов позитивно сказывается на зарастании отвала в целом, что препятствует развитию водной эрозии. На выположенных участках к 15-летнему возрасту формируется древесная растительность, снижается кислотность пород, возрастает содержание гумуса и элементов питания растений.

4. На глинистых отвалах формирование растительного покрова идет по луговому типу. Несмотря на быстрое самозарастание, эрозионные процессы усиливаются со временем, что связано с тяжелым гранулометрическим составом пород и увеличением плотности их сложения. Это приводило к снижению темпов накопления гумуса и тормозило формирование почвенного покрова.

5. Для интенсификации процессов самозарастания отвалов в условиях муссонного климата необходимо проведение террасирования отвалов

уже на этапе их отсыпки. На глинистых отвалах дополнительно необходимы мелиоративные приемы по снижению плотности пород, либо нанесение плодородного слоя с одновременным подсевом трав для закрепления этого слоя во избежание смыва.

Литература

1. Витвицкий Г. Н. Климат // Южная часть Дальнего Востока. М.: Наука, 1969. С. 70–96.
2. Колесников Б.П. Растительность // Природные условия и естественные ресурсы СССР. Южная часть Дальнего Востока. М.: Наука, 1969. С. 206-250.
3. Комачкова И. В., Пуртова Л. Н. Гумусное состояние и энергозапасы почв техногенных ландшафтов Приморья // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. № 3 (19). С. 7–17.
4. Комачкова И. В. Формирование почв на отвальных породах Реттиховского и Липовецкого угольных месторождений Приморья / И. В. Комачкова, Л. Н. Пуртова, Н. М. Костенков // Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук. 2014. Т. 16. № 1(4). С. 1088–1091.
5. Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Биологическая рекультивация пород угольных отвалов. Владивосток: Дальнаука, 2007. 99 с.
6. Костенков Н.М., Пуртова Л.Н. Посттехногенное почвообразование на отвальных породах как фактор восстановления природных ландшафтов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. №1(4). С. 1032-1038.
7. Костенков Н. М., Комачкова И.В., Пуртова Л.Н. Почвы техногенных ландшафтов Приморья (на примере Лучегорского и Павловского угольных разрезов) // Почвоведение. 2013. №. 11. С. 1283-1293.
8. Крупская Л.Т., Новикова Е.В. О рекультивации горных пород в условиях мусонного климата // Научные и прикладные вопросы мониторинга земель Дальнего Востока. Владивосток, 1993. С. 97-103.
9. Курачев В.М., Андроханов В.А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: Изд-ва СО РАН, 2010. 224 с.
10. Пансю М. Готеру Ж.. Анализ почвы. Справочник. Минералогические, органические и неорганические методы анализа: пер. 2-го англ. изд. под ред. Д.А. Панкратова. СПб: ЦОП «Профессия», 2014. 800 с.

11. Полохин О.В. Особенности микроэлементного состава почв техногенных ландшафтов в районах добычи бурого угля (Приморский край) / О. В. Полохин, С. В. Клышевская // Вестник ДВО РАН. 2015. Т. 180. № 2. С. 25–32.

12. Пуртова Л.Н. Техногенные поверхностные образования горно-промышленных комплексов юга Дальнего Востока России: морфология и физико-механические свойства / Л. Н. Пуртова, В.А. Семаль, А.М. Дербенцева // Вестник ДВО РАН. 2014. № 4. С. 58–65.

13. Степанько А.А. Агрогеографическая оценка земельных ресурсов и их использование в районах Дальнего Востока / А.А. Степанько. Владивосток: Изд-во: ДВО РАН, 1992. 114 с.

14. Шляхов С.А. Техногенные поверхностные образования в местах золотодобычи на Буреинском нагорье. Владивосток: Дальнаука, 2002. 36 с.