

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ САМОВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ
РЕСТАВРАЦИИ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ТЕХНОГЕННО
НАРУШЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ**

Лисецкий Ф.Н., Дегтярь О.В., Чепелев О.А., Голеусов П.В.

(Белгородский государственный университет, г. Белгород, Россия)

Варрельманн Ю., Колер Г.

(Бременский университет, Центр по исследованиям окружающей среды и экологиче-
ских технологий, г. Бремен, Германия)

В бассейне Курской магнитной аномалии (КМА) в результате ведения открытых горных работ образовано свыше 30 внешних отвалов и шламохранилищ, занимающих более 30 тыс. га плодородных почв [2].

При естественном зарастании свежесыпанных (двухлетних) отвалов КМА формируются смешанные растительные группировки с бедным видовым составом (3-5 видов на м²) и низким проективным покрытием [2].

Лесные насаждения, произрастающие на отвалах, имеют все биометрические показатели в 1,2-1,8 раза меньше, чем на зональных почвах [3].

Исследования, проведенные нами в 2004-2008 гг. на отвалах вскрышных пород Лебединского и Стойленского ГОКов показывают, что поверхность отвалов, свободная от растительности, имеет достаточное количество минеральных ресурсов и влаги для питания растений. Видовое разнообразие сообществ зависит от их удаления от источника семян. Формирование фитоценозов при самозарастании на новообразованных почвах отвалов идет по пути: рудеральное сообщество → корневищное сообщество → рыхлокустовое сообщество + зарастание лесом. В некоторых случаях, при достаточном увлажнении зарастание древесными культурами происходит на втором этапе. Древесная растительность появляется на почвах, имеющих возраст более 10 лет.

Первичное рудеральное сообщество, с преобладанием *Artemisia vulgaris*, *Daucus dubium*, *Centaurea pseudophrygia*, *Carduus acanthoides* и др., играет самую незначительную роль в почвообразовании. Это связано с тем, что рудеральные виды формируют значительную вегетативную массу, но большая часть ее формируется на поверхности почвы. Вторая стадия образования сообществ на отвалах – сообщества корневищных злаков. Злаки представлены в основном *Calamagrostis epigeos*, *Elytrigia repens*, которые имеют узкое соотношение подземной и надземной массы, не формируют дернины. В таких сообществах доминантом является вейник (*Calamagrostis epigeios*). Сообщества с дерновинными злаками и разнотравьем формируются на более поздних этапах. Участие низовых злаков с хорошо развитой мочковатой системой и широким соотношением подземной и надземной массой способствует быстрому накоплению гумуса в почве. В сообществах, в которых главную роль играют древесные культуры, формирование почвы происходит медленнее, чем под травянистыми растениями.

Ранние этапы почвообразования (25 лет) изучались на отвалах вскрышных пород Лебединского ГОКа. Исследованы почвы педотопокатены на северо-восточном склоне отвала окисленных пород у с. Сергиевка, Губкинского р-на. Общая высота изучаемого сооружения составляет около 65 м, склон ориентирован на северо-восток. Отвал сформирован уступами по 8-10 метров в высоту при ширине террас порядка 20 м. Продолжается отсыпка отвала в основном в западном направлении – к селу Сергиевка. Первичный осмотр показал, что на вновь отсыпанных террасах уже в первые месяцы формируется четко выраженная ручейковая сеть, которая в дальнейшем «управляет» процессом сноса материала.

Исследование проводили в три основных этапа: 1 – детальная геодезическая съемка, совмещенная с разбивкой сети опорных точек; 2 – описание видового состава растительных группировок, определение общего проективного покрытия; 3 – описание почв педотопокатены.

На основании данных тахеометрической съемки создана цифровая модель рельефа (ЦМР) изучаемого склона. Для приведения данных к регулярной сети (GRID) использовались два метода: триангуляция с линейной интерполяцией (TIN) и метод ближайшего соседа (Natural Neighbor). Последний метод в данном случае оказался более предпочтительным, т.к. на создаваемом изображении не оставалось следов ребер триангуляции. Далее был произведен автоматизированный анализ ЦМР – составлены карты уклонов, экспозиции, профильной и плановой кривизны поверхности.

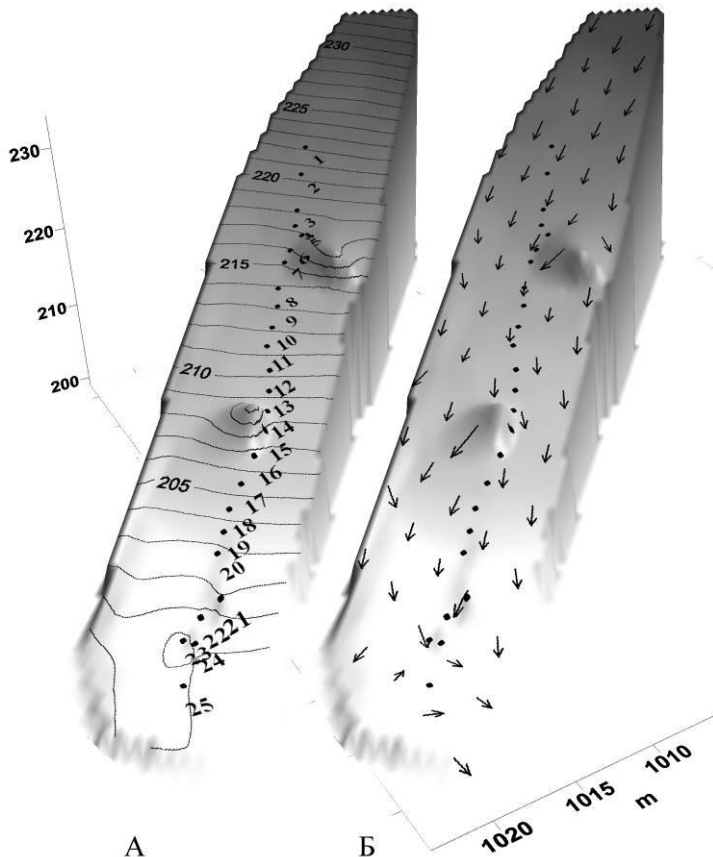


Рис. 1

А – Цифровая модель рельефа педотопокатены с указанием точек описания почв (метод изображения 3D Surface);
Б – Результат автоматизированного расчета направлений стока

тельностью с общим проективным покрытием (ОПП) 80% за 35 лет почвообразования мощность почв достигает 43 мм. Под мятликовой растительной группировкой (ОПП – 65%) на отвале 1980 г. отсыпки нами описана новообразованная почва мощностью 21 мм. В целом проведенные ранее исследования показывают, что мощность новообразованных почв колеблется в широких пределах и зависит от величины проективного покрытия и состава растительных группировок [4].

В исследованном катенарном комплексе сплошной почвенно-растительный покров формируется только в нижней трети склона (табл. 1). Растительный покров катены фрагментарен, с большой пестротой. В составе растительных группировок доминирует

На рис. 1, А показано 3D-изображение изучаемого откоса с изогипсами и точками описания почв. Склон в месте закладки педотопокатены не террасирован и имеет длину более 70 метров и уклон до 45°. При исследовании заложено 25 базовых точек: первая точка расположена в 20 м от вершины склона, остальные вниз по склону на расстоянии около 2 м друг от друга. На склоне развиты микрооползни с практически отсутствующим почвенно-растительным покровом. В нижней части склона сток разделяется в зоне нагромождения крупных обломков породы (рис. 1, Б). Почвообразующие породы представляют собой щебень красноцветных окисленных железистых кварцитов с супесчаным мелкоземом (диаметр обломков около 4 см, реже встречаются более крупные камни). Ранее нами изучались почвы, развивающиеся в подобных субстратных условиях на субгоризонтальных поверхностях отвала. Под разнотравно-мятликово-типчачковой расти-

Calamagrostis epigeos, часто встречаются *Tussilago farfara*, *Medicago falcata*. В подчиненных позициях преобладают разнотравные группировки. В верхней части склона на точках № 1-5 на расстоянии до 27 м от вершины при уклонах более 30° почва отсутствует. Имеются только натечные пленки глинисто-гумусовых веществ на гранях щебня. На расстоянии 27,66 метра от вершины (точка 6) нами описана эмбриональная почва с мощностью профиля 7-9 мм. Она развивается в верхней части слабо сформированной дернины, ОПП на этой точке 20 %, растительная группировка – вейниковая. Ниже по склону мощность почв несколько увеличивается, хотя сплошной почвенный покров начинает фиксироваться только на расстоянии 43-45 м от вершины. В нижней части склона (точка 24) мощность горизонта АС новообразованной почвы колеблется в пределах 32-39 мм при среднем ее значении в 35 мм. Уклон на этой точке составляет всего 3°, что приблизительно в 15 раз меньше, чем в среднем по катене; ОПП – около 60%, формируется дернина мощностью 52-57 мм. Нарушают общую закономерность данные по точке 21, которая попала в зону крупного обломка породы (диаметр около 3 м). Это возвышение изменяет направление стока, что сказывается на развитии почв в т. 22-23.

Таблица 1

Морфометрические характеристики рельефа по профилю катены, мощность новообразованных почв и общее проективное покрытие растительностью

№	Расст. от вершины, м	Абс. отм., м	Уклон	АС, мм	ОПП, %
1	18,24	220,4	-30°23'	-	менее 5
2	21,94	218,1	-31°17'	-	менее 5
3	23,66	217,3	-26°22'	-	менее 5
4	24,90	216,9	-17°51'	-	менее 5
5	26,50	215,9	-31°42'	-	менее 5
6	27,66	215,1	-34°14'	8	20
7	30,35	213,9	-24°03'	6	20
8	32,25	213,2	-21°30'	13	30
9	34,31	212,1	-27°01'	12	20
10	36,21	211,4	-19°26'	14	20
11	38,37	210,3	-26°45'	11	10
12	40,05	209,3	-32°19'	-	менее 5
13	41,83	208,4	-26°33'	-	менее 5
14	43,69	207,4	-28°01'	7	5
15	45,62	206,54	-23°55'	12	10
16	47,86	205,55	-23°53'	14	20
17	49,77	204,39	-31°14'	11	20
18	51,47	203,57	-25°46'	22	40
19	53,05	202,59	-31°51'	10	30
20	56,64	202,13	-7°17'	11	20
21	58,09	200,69	-44°54'	-	менее 5
22	59,79	199,53	-34°19'	28	50
23	60,72	200,26	38°00'	23	60
24	64,30	200,07	-3°02'	36	60
25	68,71	200,51	5°42'	42	50

Следует отметить, что на исследуемом объекте зафиксировано не только закономерное увеличение мощности с ростом длины склона и снижением уклона. В зонах

микроронжений, между крупными камнями, мощность эмбриональных почв может достигать 20 мм, в то время как на плоских поверхностях присутствуют только пленочные формы глинисто-гумусовых веществ и скудный лишайниковый покров. Эти зоны достаточно четко выделяются при построении картограмм профильной кривизны (*Profile Curvature*). Условия для развития почв и растительности в микроронжениях более благоприятны благодаря лучшему увлажнению, накоплению мелкозема и относительной защищенности от дефляции.

Таким образом, нами выявлены катенарные различия морфологии почв уже в первые десятилетия их развития. Они выражены в увеличении мощности профиля в трансаккумулятивной позиции за счет активизации почвообразования (здесь создаются благоприятные условия для развития растительности) и переноса почвенного материала с эродируемой части склона. Основную роль в развитии почв на этом этапе играют условия рельефа. Прimitивные новообразованные почвы сформировались только в местоположениях с уклоном менее 30° либо в ловушках стока. Наибольшие мощности почвенных профилей зафиксированы на участках с хорошо развитой растительностью. В условиях рельефа, характерных для внешних отвалов железорудных предприятий, сложно обеспечить воспроизводство почв по траекториям ренатурирования [1] без проведения технического этапа рекультивации – уменьшения крутизны и длины склонов. В противном случае естественные регенерационные процессы (самозарастание и почвообразование) длительно не смогут компенсировать снос материала. Это будет приводить к существенному отставанию развития почвенно-растительного покрова верхних частей склонов отвалов от его развития в трансаккумулятивных и аккумулятивных частях склонов.

В ограниченных масштабах техногенные поверхности, подобные исследованным нами на отвалах Лебединского ГОКа, могут быть ренатурированы с использованием технологий экстремального озеленения, в частности, предложенной немецкими учеными технологии РЕВИТЕК [5]. Модули ренатурационных ячеек представляют собой мешки из разлагаемых волокон (например, мешки для кофе из юты), наполненные биоактивным субстратом, семенами растений и добавками для повышения количества воды и питательных веществ в почве). Модули РЕВИТЕК создают эффективную противозерозионную защиту, благодаря быстрому разложению нижней стороны мешка обеспечивается скорая связь субстрата с почвой. В высокой степени активизируется рост растений, прежде всего при добавлении в компост семян местных растений. Модули способствуют созданию микроклимата, способствующего развитию почвенных животных, и тем самым стимулируют почвообразование.

На обширных пространствах нарушенных горнодобывающей промышленностью земель целесообразно осуществлять мероприятия по стимулированию процесса ренатурации, причем ведущим принципом организации реставрационных мероприятий должен стать учет геоморфологической и субстратно-топологической структуры техногенных ландшафтов. Как показали исследования, проведенные в ботаническом саду Белгородского государственного университета [6], эффективность реставрационных мероприятий в большей степени определяется топологическими факторами (местоположение в склоновом ландшафте, литологические свойства субстрата), чем способом агротехнологии. Вторым важным принципом можно считать учет адаптационных возможностей и средообразующей активности видов растений, используемых для экологической реставрации. Во многих случаях задержка сукцессий в ходе ренатурации техногенных геосистем связана с дефицитом биоразнообразия регенерационных и фоновых биоценозов, который можно устранить, используя биотический потенциал заповедных участков и других квазиприродных экосистем. В этой связи актуальной задачей

является организация производства адаптированных травосмесей для экологической реставрации посттехногенных ландшафтов.

Литература

1. Голусов П.В. Ренатурация техногенно нарушенных земель // Экология ЧЦО РФ. №2 (9). 2002. С. 121-124.
2. Егоров В.Г. Обоснование и разработка способов создания культурных фитоценозов на техногенных ландшафтах КМА (на примере Михайловского ГОКа). Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Курск, 2005. – 19 с.
3. Капитонов Д.Ю. Формирование биоценозов на нарушенных землях Лебединского ГОКа КМА. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Воронеж, 2003. – 24 с.
4. Лисецкий Ф.Н., Голусов П.В., Кухарук Н.С., Чепелев О.А. Экологические аспекты воспроизводства почвенно-растительного покрова в нарушенных горнодобывающей промышленностью ландшафтах // Электронный журнал "Исследовано в России", 217, 2233-2250, 2005. Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/217.pdf>
5. Bodenökologie interdisziplinär / H. Koehler, K. Mathes, B. Breckling. – Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 1999. – 241 s.
6. Lisetskiy, F., O. Degtyar & O. Kornilova. Ecological restoration of the steppe (the experience of the Botanical Garden of Belgorod University, Russia). 3rd European Conference on Restoration Ecology, "Challenges of the New Millennium - Our Joint Responsibility" (25-31 August 2002). Budapest – Hungary. Conference abstracts. Режим доступа: <http://www.botanika.hu/restoration/abstracts.html>.