

УДК 631.41+631.43:635.054(477.63)

О РЕЛЬЕФОФОРМИРУЮЩЕМ СПОСОБЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ СУЛЬФИДСОДЕРЖАЩИХ ОТВАЛОВ ШАХТ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

М.Л. НОВИЦКИЙ

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, Республика Крым, РФ

В статье идет речь о беззатратном рельефоформирующем способе рекультивации, который внедрен на нескольких шахтах Западного Донбасса, в том числе на ПСП «Шахта «Першотравнева». Исследования проводили в 2011-2012 гг. на участке древесно-кустарниковых насаждений площадью 0,8 га, расположенном на вершине трапециевидного отвала сульфидной горной породы. Благодаря этому способу, в понижениях за счет дополнительного привнесения мелкозема и влаги с возвышений интенсивно развивались процессы выщелачивания, рассоления и почвообразования, улучшались физико-химические и химические свойства мелкозема молодых почв понижений. Были установлены граничные показатели основных, интегральных лимитирующих рост растений эдафических факторов.

Ключевые слова: *сульфидная горная порода, молодая почва, эдафические факторы, кислотный комплекс, рекультивация.*

Введение

В связи с увеличением добычи полезных ископаемых на поверхность выносятся миллионы тонн токсичной породы, которая складывается в отвалы, что влечет за собой ряд негативных последствий. Кроме этого, такие отвалы не пригодны для озеленения и их необходимо мелиорировать [3, 4, 6, 7]. В связи со сложной финансово-экономической обстановкой, острой необходимостью наращивания темпов рекультивационных работ, ограниченностью запасов плодородного мелкозема почв, такие работы слишком дорогостоящие, а порой и не возможны, что побуждает исследователей к разработке альтернативных способов рекультивации сульфидных пород.

На основании детальных комплексных исследований ученые Никитского сада [9, 10] разработали беззатратный рельефоформирующий способ рекультивации сульфидных пород для целей их озеленения. Он в 1997-1999 гг. внедрен на ряде шахтных отвалов, где было высажено более 20 видов декоративных деревьев и кустарников. В дальнейшем на мелиорированном участке детальных почвенно-биологических исследований не проводилось.

Цель исследования – установить основные показатели процессов почвообразования и плодородия молодых почв межбугорных понижений сульфидных отвалов под травянисто-древесной растительностью за 15-летний период. Задачи исследования: изучить состав и свойства (физические, физико-химические и агрохимические) мелкозема молодой почвы межбугорных понижений и сульфидной горной породы вершины бугров; установить биометрические показатели роста древесных растений и на их основе определить пригодность молодых почв для озеленения.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в 2011-2012 гг. на участке древесно-кустарниковых насаждений (S ~0,8 га, 14 видов растений) на вершине трапециевидного отвала

сульфидной горной породы, рекультивированного рельефоформирующим способом на закрытой ПСП «Шахте «Першотравнева» «ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ».

В исследования включены молодые почвы межбугорных понижений, заросшие травами, с высаженными в 1999 г. деревьями и кустарниками. Контролем служила незаросшая растениями сульфидная порода вершины окружающих понижения бугров. На участке для определения физических, физико-химических и химических свойств заложено семь площадок в понижениях под различными деревьями и две – на вершинах бугров. Образцы молодых почв отбирались на глубину 60 см, породы – до 20 см.

В исследования были включены следующие виды растений: абрикос обыкновенный (*Armeniaca vulgaris* Lam.), груша обыкновенная (*Pyrus communis* L.), дуб черешчатый (*Quercus rubra* L.), тамарикс четырехтычинковый (*Tamarix tetrandra*), клен сахаристый (*Acer saccharinum*), снежноягодник белый (*Sumphoricarpus albus* (L.)), робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L.), ясень зеленый (*Fraxinus lanceolata* Borkh.), сирень обыкновенная (*Syringe vulgaris*), форзиция промежуточная (*Forsythia intermedia*), гледичия трехколючковая (*Gleditsia triacanthos*).

Определение рН водной суспензии и солевой вытяжки проводилось потенциометрически, гидролитическая кислотность – по Каппену рН-метрическим методом в модификации ЦИНАО, подвижный алюминий и обменная кислотность – по Соколову, гумус – по Кононовой-Бельчиковой смесью пиррофосфата и гидроксида натрия, объемная масса мелкозема – цилиндром Качинского, сера общая и сульфатная – по ГОСТу 8606-72 (смесью Эшка), биометрические показатели и декоративность растений – по методике Котеловой К.В. и Виноградовой О.Н. [1, 2, 5, 11].

Результаты и обсуждение

Нами установлено, что порода отвалов, кроме большого содержания валовой серы 0.6-1.0-2.0%, обладала высокой плотностью сложения (1,70 г/см³), скелетностью до 60%, распыленностью (пыли до 62%), обедненностью илом (9-12%), гумусом (0,05-0,12%). Также порода была солонцевата, с низкой поглотительной способностью (поглощенных оснований 8,15 мг-экв на 100 г навески). Высокая кислотность породы подтверждалась низкими значениями рН водной суспензии – 4,4, высокими показателями гидролитической и обменной кислотности – 10 и 2,3 мг-экв, соответственно. Определена высокая подвижность Al^{3+} в сильнокислой среде и установлено, что его концентрация 4,0 мг-экв на 100 г навески являлось токсичной для растений, и при таком его количестве отвалы не зарастали [8].

В замкнутых между буграми хорошо увлажняемых делювиальными и тальными водами (с илистыми взвешями) заросших травами понижениях, под древесно-кустарниковыми и травянистыми растениями интенсивно протекает выветривание и почвообразование. В 60-сантиметровом слое молодых почв произошло почти полное рассоление мелкозема, где сумма легкорастворимых солей составила <0,12%, его рассолонцевание (<2% поглощенного Na^+), обогащение илистыми частицами до 19-21%.

Показателем, характеризующим наиболее значимые в экологическом отношении физические свойства почв, являлась их плотность сложения (объемная масса). С ним связаны важные свойства почвы, а также освоенность профиля корнями. Объемная масса мелкозема на всех опытных площадках ниже, чем на контроле и колебалась от 1,16 до 1,22 г/см³.

Общая порозность определяет во многом особенности воздушного и водного режима. От неё зависят воздухоемкость и влагоемкость, физическое испарение,

водопроницаемость. Под всеми культурами по шкале Качинского порозность удовлетворительная. Удельная масса молодой почвы под всеми породами деревьев и кустарников почти не отличалась друг от друга (табл. 1).

В молодых почвах понижений содержалось 23-38% скелета. Такие молодые почвы, хотя и классифицировались как сильноскелетные, но имели достаточное количество мелкозема – от 4300 до 5494 т/га, что было достаточно для нормально роста деревьев и кустарников (табл. 1).

Показателями интенсивности почвообразовательного процесса являются темпы накопление гумуса и элементов минерального питания в доступных для растений формах. В углистых аргиллитах определено довольно высокое содержание общего углерода, но лишь очень незначительная его экстрагируемая часть доступна растениям. По гумусированности молодые почвы понижений относились к слабогумусированным – 0,5% гумуса в слое 0-20 см под форзицией, запасы гумуса в этом слое составили 8,2 т/га. Наиболее гумусированные молодые почвы сформировались под форзицией и абрикосом, а наименее – в понижении под робинией (табл. 2).

Молодые почвы характеризовались незначительным содержанием доступных для растений азота (1,72-2,69 мг/кг), фосфора (0,10-4,71 мг/кг) и гораздо больше в них калия (17,30-38,68 мг/кг).

Таблица 1

Физические свойства молодой почвы понижений под древесно-кустарниковыми растениями на опытно-производственном участке в слое 0-60 см, ПСП «Шахта «Першотравнева», 2011-2012 гг.

Деревья и кустарники	Скелет, % от объема с ненарушенным сложением	Запасы мелкозема, т/га	Объемная масса мелкозема, г/см ³	Удельная масса, г/см ³	Общая порозность мелкозема, %
Абрикос обыкновенный	25	5398	1,22	2,58	52
Груша обыкновенная	38	4300	1,16	2,44	53
Дуб черешчатый	37	4463	1,19	2,50	52
Клен сахаристый	23	5494	1,20	2,57	53
Робиния лжеакация	23	5494	1,20	2,57	53
Снежнаягодник белый	23	5494	1,20	2,57	53
Тамарикс четырехтычинковый	25	5264	1,16	2,50	51
Форзиция промежуточная	23	5494	1,20	2,57	53
Ясень зеленый	37	4463	1,19	2,50	52

Важнейшими факторами, определяющими темпы зарастания сульфидсодержащих отвалов, являлись уровень кислотности и содержание подвижного (обменного) алюминия. В молодых почвах понижений за счет дополнительного делювиального сноса мелкозема и влаги ускорились процессы выщелачивания, рассоления и почвообразования. Снизилась кислотность почвенного раствора. Показатели кислотного комплекса в целом были значительно ниже, чем в горной

породе. Концентрация обменного алюминия снизилась до 0,03 мг/кг, что уменьшило его токсичность для растений (табл. 2).

В силу биологических особенностей и толерантности различные виды растений неадекватно реагировали на почвенные условия произрастания, а потому важно было установить граничные показатели основных, интегральных лимитирующих рост растений эдафических факторов.

В возрасте 15 лет высота робинии лжеакации была 6 м в высоту, со средней окружностью штамба в 67 см и диаметром проекции кроны 650 см. У ясеня зеленейшего, дуба черешчатого и абрикоса обыкновенного некоторые экземпляры достигали в высоту до 5 м, а окружность штамба составляла 33, 42 и 72 см, соответственно. По шкале декоративности все растения оценивались в 3-4 балла, что говорит о хорошем состоянии деревьев и кустарников (табл. 3).

Таким образом, параметрами пригодности молодых почв для произрастания деревьев и кустарников можно считать молодые почвы с запасами мелкозема 4300-5494 т/га, плотностью сложения в пределах 1,16-1,22 г/см³, запасами гумуса 0,8-8,2 т/га, рН солевой вытяжки от 3,7, содержанием подвижного алюминия до 8,1 мг/кг, обменной и гидролитической кислотностью 4,47 и 8,36 мг-экв/100 г, соответственно.

Таблица 2
Физико-химические и химические свойства мелкозема молодых почв понижений под древесно-кустарниковой растительностью на опытно-производственном участке, ПСП «Шахта «Першотравнева», 2011-2012 гг.

Глубина, см	Гумус, %		pH _{KCl}	Кислотность, мг-экв/100 г		Подвижный Al ³⁺ , мг/кг
	%	т/га		гидролитическая	обменная	
Абрикос обыкновенный						
0-20	0,39	7,2	6,22	1,16	0,01	не определяли
20-40	0,22	4,4	4,10	3,60	0,57	
40-60	0,24	3,7	3,80	5,52	1,13	
Груша обыкновенная						
0-20	0,24	4,2	3,87	4,17	1,14	1,98
20-40	0,13	1,9	3,86	5,41	2,19	4,05
40-60	0,19	2,3	3,46	7,47	3,95	7,11
Дуб черешчатый						
0-20	0,36	5,4	3,65	5,48	1,16	18,72
20-40	0,12	1,8	3,95	3,40	0,46	7,20
40-60	0,06	0,8	6,45	0,52	0,01	не определяли
Робиния лжеакация						
0-20	0,19	3,1	3,30	8,36	4,47	8,10
20-40	0,13	2,2	3,32	7,35	3,96	7,11
40-60	0,19	4,1	3,14	8,35	3,94	7,11
Тамарикс четырехтычинковый						
0-20	0,27	6,7	5,31	2,41	0,04	0,06
20-40	0,17	3,1	6,36	1,08	0,01	не определяли
40-60	0,37	3,7	5,80	3,56	0,02	0,03
Форзиция промежуточная						
0-20	0,50	8,2	4,54	4,61	0,12	0,19
20-40	0,48	8,1	4,99	2,80	0,02	0,03
40-60	0,36	7,7	7,41	0,01	0,01	не определяли
Ясень зеленый						
0-20	0,36	5,4	3,65	5,48	1,16	18,72
20-40	0,12	1,8	3,95	3,40	0,46	7,20
40-60	0,06	0,8	6,45	0,52	0,01	не определяли

Таблица 3

Показатели высоты, диаметра кроны окружности штамба и декоративности древесных и кустарниковых пород* на опытно-производственном участке, ПСП «Шахта «Першотравнева», 2012 г.

Деревья и кустарники	Высота растений, м	Диаметр проекции кроны, см	Окружность ствола штамба, см	Декоративность в баллах
Ясень зеленейший	4,7	630	33	4
Дуб черешчатый	4,3	360	42	4
Груша обыкн.	3,5	440	44	4
Абрикос обыкн.	4,0	700	72	4
Клен сахарный	3,5	300	34	3,5
Робиния лжеакация	6,0	650	67	3,5
Снежнаягодник белый	0,9	100	не определяли	3
Форзиция промежуточная	1,8	136	не определяли	4
Тамарикс четырехтычинковый	3,5	600	не определяли	4
Сирень обыкновенная	0,7	56	11	4

* Среднее из 5 растений каждого вида.

Заключение

1. За 15 лет произошло интенсивное окисление сульфидсодержащих минералов, вызвавшее развитие обменной кислотности и накопление большого количества подвижного алюминия. Результатом таких трансформаций горной породы есть значительное снижение рН солевой вытяжки, из-за чего порода не осваивается растительностью долгое время.

2. За этот же период на опытно-производственном участке, рекультивированном беззатратным рельефоформирующим способом, в понижениях, заросших травами, за счет дополнительного привнесения мелкозема и влаги с возвышений интенсивно развиваются процессы выщелачивания, рассоления и почвообразования. Улучшились физические, физико-химические и химические свойства мелкозема молодых почв понижений и повысилось их плодородие.

3. Молодая почва пригодна для произрастания травянистой и древесной растительности на рекультивированных сульфидных отвалах шахт Западного Донбасса при запасах мелкозема в ней не менее 4300 т/га, гумуса 0,8 т/га, рН солевой вытяжки не ниже 3,7, при концентрации подвижного алюминия до 8,1 мг/кг.

Список литературы

1. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
3. Дудкин Ю.И., Савич А.И. Почвообразование на отвалах горных разработок с сульфидсодержащими породами // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов (Новосибирск, 14-18 августа 1989 г.). – Новосибирск, 1989. – Кн. шестая. – С. 196 – 201.
4. Костенко И. В., Опанасенко Н.Е. Почвообразование на отвалах сульфидных шахтных пород Западного Донбасса при их зарастании // Почвоведение. – 2005 г. – №11. – С. 1357 – 1365.
5. Котелова К.В., Виноградова О.Н. Оценка декоративности деревьев и кустарников по сезонам года // Физиология и селекция растений и озеленение городов. – М., 1974. – С. 33 – 44.

6. Масюк Н.Т., Бекаревич Н.Е. Некоторые программно-методические вопросы изучения биогеоценотического покрова в техногенных ландшафтах // Программа и методы изучения техногенных биогеоценозов. – М.: Наука, 1978. – С. 89-104.

7. Махонина Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. – 356 с.

8. Новицкий М.Л. Структурно-агрегатный состав сульфидных пород и техногенных субстратов на шахтных отвалах // *Ekology and poosperology*. – 2013 г. – Vol. 24, № 3-4. – С. 42 – 50.

9. Опанасенко Н.Е., Халимендик Ю.М., Костенко И.В. О сульфидных горных породах шахтных отвалов Западного Донбасса // Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку: матер. IV міжнар. наук. конф. (Донецьк, вересень 2003.) – Донецьк: ТОВ "Лебідь", 2003. – С. 47-49.

10. Опанасенко Н.Е., Корженевский В.В., Халимендик Ю.М., Оболонский А.Е., Кононенко Н.А. Теория и практика рекультивации и озеленения породных отвалов в Западном Донбассе // Уголь Украины. – 2000. – Вып. 7. – С. 29-32.

11. Угли бурые, каменные, антрациты, кокс, горючие сланцы, торф: методы определения серы / ГОСТ 8606-72 (издание официальное). – М.: Гос. Комитет стандартов Совета министров СССР, 1972. – 8 с.

Статья поступила в редакцию 26.11.2014 г.

Novitsky M.L. Relief formation method of recultivation of sulfide-bearing waste mining dumps of Western Donbass // Bull. of the State Nikit. Botan. Gard. – 2014. – № 113. – P. 71 – 77.

On trapezium-liked mine dump, recultivated by relief formation method processes of leaching, desalinization and soil formation have been developed intensively. That led to the improvement of physical, physico-chemical and agrochemical properties of fine-grained soils of young soils in depressions. The main indicators, integrated limiting the growth of plants edifices factors have been determined.

Key words: sulfide mountain rock, young soil, edifices factors, acid complex, recultivation.