

А. П. КРАСАВИН, А. Н. ХОРОШАВИН,
И. В. КАТАЕВА, Г. А. ОБОРИН

К вопросу о снижении токсичных свойств пород отвалов угольных шахт

Высокие темпы развития промышленности наносят значительный ущерб природному ландшафту, приводят к нарушению и сокращению плодородных земельных угодий. Площади, занимаемые отвалами, лишены плодородного почвенного слоя; иногда породы шахтных отвалов содержат пирит, подвижные формы железа, алюминия, характеризуются низкими значениями рН, высокой гидролитической кислотностью, что и обуславливает их фитотоксичность. Использование традиционных способов биологической рекультивации путем покрытия отвальной поверхности плодородной почвой или потенциально плодородными породами требует значительных экономических затрат (Красавин, Денисов; 1969; Моторина, 1975).

Одним из путей улучшения условий для биологической рекультивации является использование промышленных отходов различного происхождения, обладающих нейтрализующими свойствами и пригодных для восстановления плодородия отвальных пород. Изыскание средств и способов снижения токсичности отвальных пород особенно актуально для районов, бедных плодородными землями, к каким относится Кизеловский угольный бассейн.

Для проведения исследований был выбран отвал № 2 шахты им. В. И. Ленина производственного объединения «Кизел-уголь». Породы отвала характеризуются высокой кислотностью, повышенным содержанием подвижных форм алюминия и железа, высоким содержанием пиритной серы. Небольшая питательная ценность пород (содержание фосфора и калия в доступной для растений форме составляет соответственно 3,7 и 7,4 мг/100 г, общего азота 0,03%) также лимитирует развитие микроорганизмов, что свидетельствует о низкой биогенности породы.

Для снижения токсичности породы изыскивались средства, направленные на снижение кислотности грунта и обогащение его органикой для повышения биогенности породы. Полевой

микроделяночный опыт проводился в течение двух лет. Площадь учетной делянки 2 м^2 , повторность опытов четырехкратная. В качестве нейтрализующего агента использовались отходы известкового карьера. Для обогащения токсичных пород органикой были испытаны отходы древесины (опилки) и осадок с иловых площадок очистных сооружений Кизела в дозе 200 т/га и 100 т/га (хозбытовой осадок), опил 50 т/га .

Опыт проводили по фону травосмеси многолетних трав: ко-стра безостого и донника.

В процессе исследований определялись основные показатели химического и микробиологического состава отвальной породы: углерод общий по Тюрину, азот общий по Кьельдалю, сера общая по Эшке, значение величин pH, гидролитическая кислотность, калий и фосфор подвижные.

Биогенность породы изучалась по количеству бактерий, вырастающих на МПА. По данным В. Н. Былинкиной (1960), микрофлора, развивающаяся на МПА, дает представление об общей биогенности почвогрунтов, так как микроорганизмы этой группы входят в состав различных почвенных микробных ассоциаций.

В качестве критерия оценки снижения токсичных свойств пород взяты такие показатели, как снижение кислотности, накопление азота, снижение количества тионовых бактерий (*Thiobacillus thiooxidans*, *Th. ferrooxidans*) и повышение биогенности породы.

В процессе исследований проводились измерения высоты растений и длины корневой системы (см), вес надземной и подземной фитомассы (г).

Результаты исследований субстрата опытных участков представлены в табл. 1, 2. Величина pH в опытных вариантах с внесением осадка с иловых площадок в дозе 200 т/га повысилась в среднем с 2,76 до 4,61, гидролитическая кислотность понизилась в среднем с 16,6 до 9,1 мг-экв/100 г. Еще больший эффект получен в варианте опыта с нейтрализацией субстрата отходами известкового карьера в сочетании с осадком иловых площадок (100 т/га), где величина pH повысилась в среднем с 2,76 до 7,12, а гидролитическая кислотность понизилась с 16,6 до 1,2 мг-экв/100 г.

Наибольшее количество гетеротрофных бактерий, выросших на МПА, было в опытном варианте с породой, нейтрализованной отходами известкового карьера и удобренной осадком с иловых площадок в дозе 200 т/га (оптимальный вариант). Количество тионовых бактерий *Thiobacillus thiooxidans* и *Th. ferrooxidans* в этом варианте значительно снизилось по сравнению с контролем, что также свидетельствует о снижении кислотности породы. Нейтрализация породы отходами известкового карьера и внесение осадка с иловых площадок оказали положительное влияние на развитие сапрофитной микрофлоры, количество ко-

Таблица 1

Основные показатели химического состава породы с опытных участков отвала шахты им. Ленина

Вариант опыта	Химические ингредиенты						Микробиологические ингредиенты		
	рН Н ₂ О	гидрол. кислотность мг-экв/100 г	сумма обменных оснований мг-экв/100 г	С общий %	S общая %	N общий %	P ₂ O ₅ мг-экв/100 г	K ₂ O мг-экв/100 г	титр Th. thio-ferro-oxidents
Контроль	2,76	16,6	2,0	6,26	1,36	нет	3,7	7,4	7,5
Порода+200 т/га осадка с иловых площадей	4,61	9,1	8,3	10,3	1,15	0,26	8,2	10,6	33,4
Порода+100 т/га осадка с иловых площадей	7,12	1,2	25,1	8,06	1,1	0,12	10,6	14,4	97,2
Порода+50 т/га древесных опилок	5,27	6,05	24,5	6,6	1,09	—	8,5	12,1	31,5

Таблица 2

Основные показатели химического и микробиологического состава породы с опытных участков шахты им. В. И. Ленина

Вариант опыта	Химические ингредиенты						Микробиологические ингредиенты		
	рН Н ₂ О	С общий, %	сумма обменных оснований мг-экв/100 г	S общая, %	N общий, %	P ₂ O ₅ мг-экв/100 г	K ₂ O мг-экв/100 г	гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г	титр Th. thio-ferro-oxidents
Контроль	2,76	2,0	6,26	1,36	нет	3,7	7,4	16,5	7,5
Порода+100 т/га хозбытового осадка	2,65	1,8	6,38	1,20	нет	3,9	7,8	18,9	7,9
	7,12	25,1	8,06	1,1	0,12	10,6	14,4	1,2	97,2
	7,26	27,3	8,90	0,97	0,34	17,0	19,5	0,9	129,4

Примечание: в числителе — результаты первого, в знаменателе — второго года наблюдений.

торой значительно возросло по сравнению с контрольным вариантом (от 7,5 до 36,4—47,2 тыс. в 1 г породы). С уменьшением количества тионовых бактерий снизилась кислотность отвальной породы. Титр *Th. thiooxidans* повысился в оптимальном варианте с 10^{-10} до 10^{-2} , титр *Th. ferrooxidans* повысился с 10^{-11} до 10^{-4} .

Биометрические показатели надземной и подземной фитомассы представлены в табл. 3. В варианте на породе, нейтрали-

Таблица 3

Биометрические показатели

Вариант опыта	Корни		Стебли	
	вес, г	длина, см	вес, г	длина, см
Контроль	Растения погибли в фазе всходов			
Порода+200 т/га осадка с иловых площадок	7,32 0,16	10,0 7,0	5,35 0,47	28,2 26,5
Порода+100 т/га осадка с иловых площадок	5,72 0,22	9,0 7,6	4,03 0,32	29,7 24,7
Порода+отходы известкового карьера+50 т/га опилки	1,80 0,07	2,9 2,5	1,30 0,16	5,9 8,5

Примечание: в числителе показатели для донника, в знаменателе — для костра безостого.

зованной отходами известкового карьера и удобренной осадком с иловых площадок в дозе 100 т/га, высота растений костра безостого составила в среднем 24,7 см, донника 29,7 см, а с внесением осадка с иловых площадок в дозе 200 т/га соответственно 26,5 и 28,2 см. Сухой вес надземной фитомассы одного растения донника в этом варианте составил 5,35 г, а корней 7,32 г. В опытном варианте с дозой хозяйственного осадка 100 т/га сухой вес подземной фитомассы составил у донника 5,72 г, а надземной — 4,03 г. У костра безостого весовые показатели корневой и надземной фитомассы были значительно ниже. Это, вероятно, объясняется более медленным ростом и развитием его в первые годы.

В результате нейтрализации породы отходами известкового карьера и обогащения органикой снижаются токсичные свойства породы и создаются благоприятные условия для микробного и растительного биоценозов.

В опытном варианте с нейтрализацией токсичной породы отходами известкового карьера с внесением в качестве органических добавок опилок (в дозе 50 т/га) высота растений донника и костра безостого была значительно ниже и составила к концу первого года вегетации соответственно 5,9 и 8,5 см,

хотя величина рН при этом повысилась в среднем с 2,76 до 5,27, а гидролитическая кислотность понизилась с 16,6 до 6,05 мг-экв/100 г. Количество сапрофитной микрофлоры возросло по сравнению с контрольным вариантом с 7,5 до 31,5 тыс. в 1 г породы.

В контрольном варианте без внесения нейтрализующего агента и органических добавок растения донника и костра безостого погибали в фазе всходов.

На второй год наблюдений в опытном варианте с использованием отходов известкового карьера и хозяйственного осадка отмечалось некоторое улучшение агрохимических свойств породы: увеличение рН и суммы обменных оснований, снижение гидролитической кислотности. Наблюдалось увеличение доступных форм фосфора от 10,6 до 17,0 мг/100 г и калия от 14,4 до 19,5 мг/100 г. Количество общего азота повысилось с 0,12 до 0,34%. Данные по изменению химического состава породы в положительную сторону хорошо согласуются с количественными показателями микробоценоза. Увеличение количества сапрофитной микрофлоры характеризует повышение биологической активности породы. Снижение титра тионовых бактерий до 10^{-1} свидетельствует о снижении токсичных свойств породы. Улучшение агрохимических свойств породы и повышение биологической активности способствует лучшему росту и развитию растений. Высота растений на 2-й год вегетации у донника составила 49,1 см, костра безостого 46,5 см.

Полученные результаты показали, что нейтрализация токсичной породы отходами известкового карьера и внесением в породу хозяйственного осадка оказывает положительное влияние на микрофлору и фитоценоз, стабильное развитие которых указывает на снижение отрицательных свойств токсичных пород отвалов.

ЛИТЕРАТУРА

Красавин А. П., Денисов Ю. А. 1969. Экономическая эффективность восстановления нарушенной поверхности.— В кн.: Основные вопросы восстановления нарушенной территории при открытой разработке угольных месторождений Урала и Кузбасса. Челябинск.

Моторина Л. В. 1975. Опыт рекультивации нарушенных промышленных ландшафтов в СССР и зарубежных странах. М.

Былинкина В. И. 1960. Влияние влагозарядковых поливов и способов обработки почвы на динамику микрофлоры приазовского чернозема.— В сб.: Изучение влияния обработки почвы на микробиологические процессы. М., вып. 7.