

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

Оценка биологической активности пород отвалов угольных шахт и разрезов при их рекультивации

В настоящее время начинает приобретать актуальное значение биологическая диагностика грунтов в связи с тем, что она тесно связана с вопросами рекультивации нарушенных промышленностью земель и формированием первичных почвенных образований на отвалах угольных шахт и разрезов.

Обеспечение необходимого режима питания растений может быть достигнуто только при наличии в грунте соответствующей микрофлоры. Разложение органических остатков за счет деятельности микроорганизмов приводит к минерализации и освобождению важных питательных веществ, необходимых для нормального роста растений. В этой связи биологические методы исследований являются достаточно надежными индикаторами и имеют целый ряд преимуществ перед химико-аналитическими и минералогическими данными, так как путем химического анализа можно получить лишь неполное представление о наличии в грунте (на момент взятия пробы) определяемых веществ. Основные же изменения, происходящие в грунтосмесьях, обусловлены биологическими процессами, которые способствуют изменению количественного и качественного состава элементов питания, их количественному соотношению и превращению веществ (Ионам, 1977).

В данной статье приводятся результаты первого этапа исследований, направленных на изучение биологической активности пород шахтных отвалов, существенно отличных от экологических систем естественных грунтов и почв. Проведение работ этого направления вызвано необходимостью получения данных о состоянии биогенности пород отвалов с целью выбора наиболее перспективного метода биологической рекультивации и технологии.

В качестве объектов наблюдения были выбраны отвалы шахты им. В. И. Ленина производственного объединения «Ки-

зелуголь» и Коркинского угольного разреза производственного объединения «Челябинскуголь». Отвалы сложены в основном аргиллитами, алевролитами, кварцевыми песчаниками.

С целью оценки биогенности пород отвалов изучался микробиологический и химический состав образцов породы. Пробы брались на старом участке отвала шахты им. В. И. Ленина двадцатилетней отсыпки, на Коркинском разрезе — на двух террасах южного борта выработанного пространства на глубине 39 и 52 м от дневной поверхности. Образцы породы отбирались в поверхностных слоях 0—5 см и с глубины 5—20 см.

Микробиологические исследования включали количественную и качественную оценку физиологических групп микроорганизмов, составляющих биоценоз породы.

При выделении микроорганизмов и учете их численности были использованы методы С. Н. Виноградского (1952) и И. С. Егорова (1976). Определялись микроорганизмы, имеющие большое значение в почвообразовательном процессе разложения органо-минерального комплекса, участвующие в превращениях гумуса и оструктурировании почв.

Количество сапрофитной микрофлоры учитывалось на мясопептонном агаре (МПА), актиномицеты — на крахмало-аммиачном агаре (КАА), грибы — на среде Чапека, олигонитрофилы — на среде Эшби, фосфатрастворяющие бактерии — на среде Пиковской, азотобактер подсчитывался на среде Эшби методом обрастания комочков. Нитрифицирующие бактерии выделялись на среде Виноградского. Мобилизация нитратов накопительными культурами нитрифицирующих бактерий определялась качественно (в баллах) с пирогаллолом. Активность аммонифицирующих бактерий определялась по интенсивности накопления аммиака в пептонной воде (в баллах). Протеолитическая активность бактерий определялась по интенсивности накопления бактериями в пептонной воде сероводорода и индола.

Оценивая биогенность породы отвалов шахты им. В. И. Ленина и Коркинского разреза, необходимо отметить своеобразие химического состава, что сказывается на специфике микрофлоры породы, количественном и качественном содержании микробиологических ассоциаций.

Результаты химических анализов породы отвалов шахты им. В. И. Ленина и Коркинского разреза представлены в табл. 1.

Порода отвалов характеризуется низкой питательной ценностью. В породе Коркинского разреза количество общего гумуса находится в пределах 0,22—0,39%. Обеспеченность азотом чрезвычайно низкая. Небольшая питательная ценность породы усугубляется кислой реакцией среды: величина рН водной варьирует в пределах от 2,98 до 4,35. Гидролитическая кислотность довольно высокая; на отдельных участках достигает 24, 30 мг-экв/100 г породы. Повышенное содержание оксидов

Таблица 1

Результаты химических анализов породы с отвалов шахты им. В. И. Ленина и Коркинского разреза

Глубина взятия образца, см	pH H ₂ O	Гидролитическая кислотность мг-экв/100 г	Сумма обменных оснований мг-экв/100 г	Fe ₂ O ₃ , %	Al ₂ O ₃ , %	S общ., %	C, %	Гумус, %	N общ., %
КОРКИНСКИЙ РАЗРЕЗ									
Нижняя терраса									
0—5	4,19	12,25	17,6	6,18	14,06	0,66	5,46	0,41	0,22
0—20	4,01	17,30	12,5	4,98	14,13	0,76	6,90	0,36	0,16
0—5	4,35	17,70	21,5	4,50	9,74	0,92	7,26	0,41	0,21
0—20	2,98	32,40	7,0	3,77	7,79	0,76	5,20	нет	нет
Верхняя терраса									
0—5	5,69	4,40	26,5	5,35	12,65	0,98	7,50	0,22	нет
0—20	3,53	17,50	6,50	5,04	14,62	1,11	6,99	0,30	0,15
0—5	5,46	4,60	24,5	6,00	9,26	0,77	5,63	0,37	0,18
0—20	4,08	13,50	15,5	5,38	14,91	0,72	3,80	0,39	0,16
ШАХТА ИМ. В. И. ЛЕНИНА									
0—5	2,32	22,21	5,61	7,96	15,6	1,2	9,9	0,16	нет
0—20	2,71	15,91	6,92	10,06	14,22	5,46	7,23	0,14	нет

железа и алюминия также лимитирует развитие микроорганизмов.

На нижней террасе количество железа составляет 3,77—6,18%, алюминия — 7,79—15,11%. На верхней террасе количество железа составляет 5,08—5,38%, алюминия — 9,26—14,91%.

Содержание общей серы в породе относительно высокое. На нижней террасе количество серы составляет в среднем 0,66—0,92%, на верхней террасе — 0,72—1,11%.

Таким образом, недостаток питательных веществ, избыточное содержание железа и алюминия, значительная кислотность являются причиной сравнительно низкой биологической активности породы обеих террас.

Аналогичная картина по химическому составу наблюдается и в породах отвала шахты им. В. И. Ленина. Породы характеризуются высокой гидролитической кислотностью, низкой величиной pH водной, значительным содержанием железа, алюминия, серы. Наблюдается низкая обеспеченность азотом и подвижным фосфором.

Таким образом, результаты химических анализов показали, что породы отвалов малоблагоприятны для биологической рекультивации по многим характеристикам: высокая кислотность, засоленность и слабое обеспечение элементами питания.

Таблица 2

Результаты микробиологических анализов с отвалов шахты им. В. И. Ленина и Коркинского разреза

Глубина взятия об- разца, см	Сапрофиты	Олиготро- филы	Активно- цеты	Плесневые грибы	Азотобактер	Фосфатрас- воряющие бактерии	Нитрифици- рующие бак- терии, балл.	Аммонифици- рующие бак- терии, балл.	Протейли- ческая ак- тивн., балл.	Thiobacillus thiooxidans	Thiobacillus ferrooxidans
------------------------------------	-----------	-------------------	------------------	--------------------	-------------	------------------------------------	---	--	---	-----------------------------	------------------------------

КОРКИНСКИЙ РАЗРЕЗ

Нижняя терраса

0—5	93,15	22,49	40,16	73,74	0,03	4,96	1	1	1	6,72	7,43
0—20	23,65	—	33,62	27,02	—	—	0	0	0	5,38	5,94
0—5	27,23	40,07	32,09	63,56	0,04	6,88	1	1	1	5,69	6,15
0—20	21,64	—	22,43	40,01	—	—	0	0	1	10,55	11,86

Верхняя терраса

0—5	36,88	37,62	24,05	65,63	—	6,56	1	2	1	4,47	4,89
0—20	32,04	—	22,84	11,77	—	5,28	1	1	1	6,12	6,75
0—5	33,62	52,70	24,05	75,25	—	10,0	1	1	1	4,25	4,61
0—20	28,49	28,83	18,43	52,88	—	5,92	1	1	1	5,29	5,67

ШАХТА ИМ. В. И. ЛЕНИНА

0—5	2,4	0,9	1,9	6,4	—	3,7	1	1	1	12,9	13,1
0—20	1,3	0,5	0,7	5,1	—	1,5	0	0	0	16,7	20,4

Результаты микробиологических анализов породы отвалов представлены в табл. 2.

Исследования показали, что химический состав пород оказывает влияние на формирование микробных ценозов, т. е. основными адаптивными качествами микробных ассоциаций является кислотная природа их метаболитов, активирующих превращения и миграцию по профилю железа и алюминия, что связано с развитием тионовых бактерий (*Th. thiooxidans*, *Th. ferrooxidans*). Для отвальных пород характерна олиготрофность, т. е. способность бактерий ассимилировать необходимый им азот из воздуха.

В соотношении основных таксономических групп микроорганизмов наблюдается довольно высокий удельный вес грибов и тионовых бактерий, что подтверждает кислотные свойства породы.

Низкая биологическая активность породы характеризуется небольшим содержанием сапрофитной микрофлоры, принимающей участие в превращении органо-минерального комплекса. Численность сапрофитов в породе на нижней террасе отвала Коркинского разреза колеблется от 21,64 до 93,15 тыс. в 1 г породы. В породе верхней террасы предел колебаний сапрофитной микрофлоры составляет 28,49—36,88 тыс. в 1 г породы.

Порода характеризуется невысоким содержанием микроорганизмов, участвующих в превращении азота.

Количество олигонитрофилов в породе нижней террасы составляет 22,49—40,07 тыс. в 1 г породы; актиномицетов — 22,43—40,16 тыс.; в породе верхней террасы олигонитрофилов 28,83—52,70 тыс. в 1 г породы.

Недостаток легко усвояемых органических веществ задерживает развитие требовательного к этому фактору азотобактера, что соответствует данным других исследований (Клевенская и др., 1970; Красильников, 1952).

Азотобактер обнаружен в незначительных количествах на глубине 0—5 см в породе нижней террасы в количестве 0,03—0,04 тыс. в 1 г породы; в породе верхней террасы азотобактер не обнаружен.

На обеих террасах отмечается подавленность развития нитрификации и аммонификации. Высокое содержание железа и алюминия, по-видимому, является сдерживающим фактором в развитии нитрификаторов, что согласуется с данными А. В. Петербургского (1946) и И. Л. Клевенской и др. (1970).

Микроорганизмы, мобилизующие труднодоступные фосфаты и переводящие их в усвояемую для растений форму, немногочисленны на обеих террасах. Их число составляет на нижней террасе 4,96—6,88 тыс., на верхней — 5,28—10,0 тыс. в 1 г породы.

Учет количества микроорганизмов по вертикальному профилю разреза свидетельствует о снижении численности микрофлоры с глубиной. Наибольшая численность биоценоза сосредоточена в поверхностном слое породы на глубине 0—5 см.

Результаты микробиологических анализов породы отвала шахты им. В. И. Ленина свидетельствуют также о низкой биогенности породы. В составе микробиологических ассоциаций доминирующее положение занимают плесневые грибы, представленные в основном родами *Penicillium*, *Aspergillus*, и тионовые бактерии *Thiobacillus ferrooxidans*, *Thiobacillus thiooxidans* как основные кислотообразователи. Во всех пробах отсутствует азотобактер. Отмечена низкая нитрификационная активность (в баллах не превышает 1). Количество олигонитрофилов также невелико: 0,2—1,5 тыс. в 1 г породы. Микроорганизмы, развивающиеся на МПА, характеризуются низкой численностью (1,83—3,76 тыс. в 1 г породы).

Наблюдается подавление протеолитической активности бактерий.

Исследование численности микроорганизмов по вертикальному профилю разреза отвала показало, что в поверхностном слое (0—5 см) породного отвала сосредоточено больше микроорганизмов по сравнению с более глубоким слоем (5—20 см).

Резюмируя изложенное, можно прийти к выводу, что для исследованных пород отвалов характерны незначительное со-

держание микрофлоры, неблагоприятный химический состав, слабовыраженные биохимические процессы, что и определяет их низкую биогенность. Однако присутствие основных физиологических групп почвенных микроорганизмов свидетельствует о потенциальной способности отвальных пород к почвообразовательным процессам и принципиальной возможности их биологического восстановления.

ЛИТЕРАТУРА

Виноградский С. Н. 1952. Микробиология почвы. М.

Ионам Р. 1977. Микробиологические и биохимические тесты, как показатели почвообразования на отвале шахты «Лотта-Мария» в Северочешском бурoughольном бассейне.— Угли, т. 25, № 5.

Клевенская И. Л., Наплекова Н. Н., Гантимурова Н. И. 1970. Микрофлора почв Западной Сибири. Новосибирск.

Красильников Н. А. 1952. Микроорганизмы и плодородие почвы в свете учения В. Р. Вильямса.— Агробиология, № 6, с. 61.

Практикум по микробиологии. 1976. Под ред. проф. И. С. Егорова. М.
Петербургский А. В. 1946. К вопросу о нитрификации в кислых почвах.— Почвоведение, № 1.