

К РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОРОДНОГО ОТВАЛА УГЛЕБОГАЩЕНИЯ «АВДЕЕВСКОГО КХЗ»

¹Бутюгин А.В., ¹Узденников Н.Б., ¹Гнеденко М.В., ¹Антонова А.Л.,
²Власов Г.А., ²Кирбаба В.В.

¹Донецкий национальный технический университет, Украина
²ОАО «Авдеевский коксохимический завод», Украина

Породные отвалы углеобогащения занимают значительные площади и загрязняют окружающую среду пылью и кислыми стоками. Основными проблемами этих отвалов являются высокая дисперсность твердых частиц, высокая концентрация тяжелых металлов, кислое рН породы и стоков. Такие отвалы практически не подвергаются естественному зарастанию со временем. Одним из путей уменьшения экологической опасности отвалов является их биорекультивация.

Цель работы - изучение свойств породы отвала углеобогащения Авдеевского коксохимзавода и возможности их рекультивации.

Для изучения взяты образцы породы с площадей, которые были отсыпаны несколько лет назад. Были определены следующие свойства этой породы: влажность = 6,1%, насыпная плотность = 1,25 г/см³; зольность = 76,7%, гранулометрический состав (фракции > 5 мм – 28%; < 3 мм – 52%; < 1 мм – 20%), рН водной вытяжки = 3,2-3,6 (получена при соотношении вода : порода = 10:1). Мокрый рассев исходной породы показал, что во фракции > 5 мм содержится 46% частиц менее 1 мм; во фракции 5-3 мм – 44% частиц менее 1 мм; во фракции 2-3 мм – 37% частиц менее 1 мм; во фракции 1-2 мм – 56% частиц менее 1 мм. Этот факт свидетельствует о том, что содержание мелких фракций (менее 1 мм) в исходной породе преобладает и в сухом виде частицы породы агрегированы. В водной вытяжке обнаружено значительное количество сульфатов и железа. На основании полученных данных сделан вывод, что в породе углеобогащения изначально содержится много пирита, окисление которого приводит к образованию серной кислоты и растворимых солей тяжелых металлов. Наличие в породе около 24% органических веществ угля может являться причиной образования гуминовых веществ в результате процессов окисления. Для проверки этого предположения была получена 0,5% аммиачная водная вытяжка при соотношении п:ж = 1:5 (время контакта при периодическом встряхивании – 48 часов). Фотоколориметрический спектр (315-540 нм) водной аммиачной вытяжки из породы оказался идентичным спектрам гуминовых веществ почвы, торфов и углей (рис. 1).

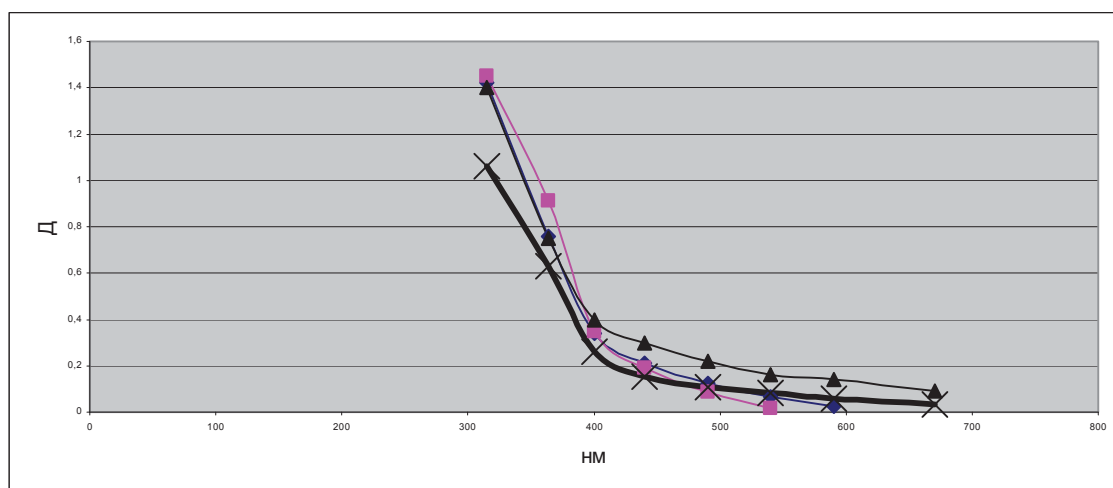


Рис. 1. Спектры фульватов аммония торфов (■, ■), бурого угля (▲) и аммиачной (0,5%) водной вытяжки из породы углеобогащения Авдеевского КХЗ (X)

Учитывая кислое рН, можно сказать, что гуминовые вещества представлены преимущественно фульвокислотами [1]. Концентрация этих веществ в полученной вытяжке порядка 1-10 мг/л. Наличие в породе относительно большого количества органики (около 24%), а также водорастворимых гуминовых веществ свидетельствует о потенциальных плодородных свойствах породы отвала углеобогащения.

На основании данных о кислотности водной вытяжки были рассчитаны минимальные дозы мелиоранта для нейтрализации. В качестве мелиоранта был использован измельченный мел. Применение мела в качестве мелиоранта позволяет не только уменьшить кислотность породы, но и уменьшить ее объемную плотность, стимулировать агрегатообразование (коагуляцию мелких частиц) [2]. В таблице 1 приведены свойства исходной и нейтрализованной породы углеобогащения АКХЗ.

Таблица 1. Свойства породы отвала углеобогащения Авдеевского КХЗ

Показатели	исходная	Нейтр.(2г/кг)	Нейтр. 7г/кг)
Влажность, %	6,1	6,7	8,0
Зольность, %	76,7%	-	-
рН водной вытяжки	3,6-3,8	4,48	5,15
Насыпная плотность, г/см ³	1,25	-	-

Для повышения плодородных свойств породы в нее добавляли различные гуминовые препараты (жидкий гумат аммония, остаточные угли, гумофоски на основе остаточных углей, гумивит) и адсорбенты-мелиоранты. Гуминовые вещества ответственны за плодородие почв и различные экологические процессы в биосфере [3].

Было проведено несколько серий лабораторных биологических опытов с использованием травы овсяницы. В первой серии опытов высаживали траву на исходную породу с добавками препаратов (Таблица 2).

Таблица 2. Результаты предварительных лабораторных опытов на породе Авдеевского КХЗ (газонная трава, 30 семян)

№№ пп	Препараты, внесенные в породу	Количество растений, шт через				
		2 недели	3 недели	4 недели	5 недель	6 недель
1	Контроль - вода	0	0	0	0	0
2	Гумат аммония 10 ^{-3%}	0	0	0	0	0
3	Гумат аммония, 10 ^{-2%}	0	0	0	0	0
4	Б-1-1; ОУ-1	4	3	4(1*)	4(2*)	2
5	Б-1-3; ОУ-1	0	0	0	0	0
6	Б-2-1; ОУ-2	0	0	2	3	2(1*)
7	Б-2-2; ОУ-2	0	0	0	0	0
8	Б-2-3; ОУ-2	0	0	0	0	0
9	ЖКУ №41 (зерн)	0	0	0	0	0
10	ЖКУ-КМЦ №41 (зерн)	0	1	1	1	1*
11	Б-2-4; ОУ-2 (А ^c =22,1%)	2	4	8(3*)	8(5*)	2(6*)
12	Б-2-5, ОУ-2 (А ^c =22,1%)	0	0	0	0	0
13	ГК-ЖКУ для трав	0	0	1	1	1
14	ГК-ЖКУ-КМЦ для трав	0	0	0	0	0
15	Гумивит	2	2	0	0	0

* - погибшие растения

Трава возшла только в тех вариантах, где было введено достаточно большое количество остаточного угля (из расчета 10-14 т/га), имеющего щелочную среду. Всхожесть семян даже на этих участках не превышала 13%. Растения были чахлые, плохо развивались. В остальных вариантах семена не проросли.

Во второй серии опытов мел вводился из расчета 2 г на 1 кг породы. В результате влажность породы в контроле повысилась до 6,7%. Добавки гуминовых препаратов и адсорбентов-мелиорантов позволили повысить влажность породы до 7,1-14,2%. рН водной вытяжки была в пределах 4,3-5,1, что свидетельствовало о недостаточной еще нейтрализации кислотности. Однако во всех 19 вариантах трава проросла и достаточно

Таблица 3. Результаты лабораторных опытов 2 на породе Авдеевского КХЗ (трава овсяница)

№№ пп	Препарат	окончание опыта 18 декабря 2007 года				Влажность после опытов, %
		кол-во, шт	средняя высота, см	У зеленая масса, г	ср. масса 1 раст.	
1	Контроль - вода	63	8,07	0,3842	0,0061	6,7
2	Гумат аммония 10 ^{-3%} ,	50	8,43	0,2462	0,0049	7,9
3	Гумат аммония, 10 ^{-2%} ,	51	6,71	0,2838	0,0055	7,1
4	Б-1-1; ОУ-1	64	7,74	0,4369	0,0068	11,3
5	Б-1-3; ОУ-1	63	9,60	0,4543	0,0072	8,0
6	Б-2-1; ОУ-2	63	10,73	0,4262	0,0068	9,5
7	Б-2-2; ОУ-2	65	8,59	0,4889	0,0075	7,5
8	Б-2-3; ОУ-2	52	7,33	0,3208	0,0062	8,7
9	ЖКУ №41 (зерн)	62	10,28	0,5228	0,0084	10,0
10	ЖКУ-КМЦ №41 (зерн)	63	11,26	0,6705	0,0107	10,5
11	Б-2-4; ОУ-2 (А ^с =22,1%)	54	5,44	0,2498	0,0046	11,5
12	Б-2-5, ОУ-2 (А ^с =22,1%)	58	14,27	0,4328	0,0075	7,1
13	ГК-ЖКУ для трав	55	9,8	0,4655	0,0085	11,7
14	ГК-ЖКУ-КМЦ для трав	80	8,06	0,5757	0,0072	11,9
15	Гумивит	73	9,42	0,6550	0,0090	10,0
16	Б ₄ ГФ-16-2-14-(1)	61	11,25	0,5838	0,0095	14,2
17	Б ₁₀ ГФ-16-2-14-(2)	61	9,54	0,6322	0,0104	13,6

хорошо развивалась. Но в вариантах с высоким содержанием остаточного угля наблюдалось явное угнетение растений, вызываемое большой концентрацией гуминовых веществ (таблица 3).

В третьей серии опытов в породе было введено порядка 6-7 г мела на 1 кг породы. Влажность исходной породы поднялась до 8%. рН водной вытяжки = 5,12 (против 4,48 при добавлении 2 г мела на 1 кг породы). Растения также взошли во всех 19 вариантах. Лучшие результаты, полученные во второй и третьей сериях, практически совпали по вариантам. Наилучшие результаты дало введение бурогумофосок и гумивита (таблица 4).

Следует отметить тот факт, что порода в процессе опыта уплотнялась от поливов и корневая система растений слабо развивалась.

По результатам 2-и 3 серий опытов были отобраны наиболее перспективные варианты. В 4 серии опытов в породу было введено порядка 6-7 г мела на 1 кг породы, а также обработанные полными минеральными удобрениями опилки лиственных пород (до 2% от массы породы). Опилки были в течение 30 суток замочены в растворе полных минеральных удобрений. После этого высушены до влажности 50%. Затем были введены отобранные гуминовые препараты. Было заложено два параллельных опыта. Выращивание овсяницы проводили в течение 60 суток. Полив осуществляли отстоянной водопроводной водой в количестве 40 мл в день через 2-3 суток в зависимости от температуры окружающей среды и влажности породы. Через 30 суток были проведены первые измерения (таблица 4).

Через 60 суток были зафиксированы окончательные результаты (таблица 5). Как видно из данных таблицы, большинство положительных результатов получено при применении бургумофоски (1). В целом в данной серии опытов получена достаточно высокая зеленая масса растений, а также корневой системы. Следует отметить, что после введения в состав породы опилок - в качестве разрыхляющей и влагоудерживающей компоненты - корневая система овсяницы хорошо развивалась и заняла практически весь объем породы.

На рис 2 (фото) приведен вид корневых систем после опытов.

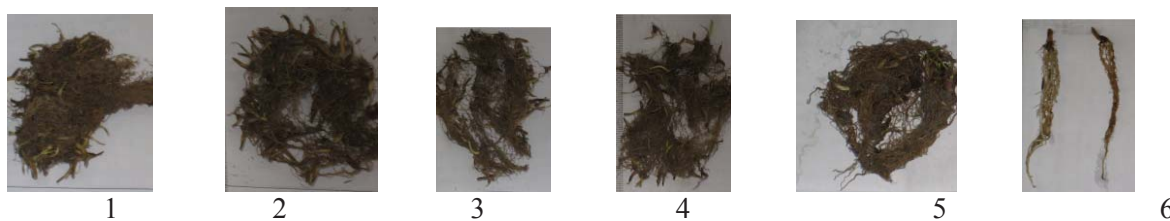


Рис. 2. Корневая система растений опыта № 4: 1 – контроль, 2 – БГФ-1, 3 – БГФ-2, 4- гумивит, 5 – ОБУ-2, 6 – ЖКУ-КМЦ

Таблица 4. Результаты лабораторных опытов 3 на породе Авдеевского КХЗ

№ № пп	Препарат	окончание опыта 28.02. 2008 г.						Влаж- ность после опыта, %
		кол- во, шт.	ср. высота, см	% к К	У зеленая масса, г	ср. масса 1 раст.	% к К	
1	Контроль - вода	71	9,20	100	0,6450	0,0091	100	9,7
2	Гумат аммония, 10 ^{-3%} ,	59	10,21	111	0,6278	0,0106	117	7,4
3	Гумат аммония, 10 ^{-2%} ,	80	9,75	106	0,6713	0,0084	92	10,8
4	Б-1-1; ОУ-1	75	9,56	104	0,5980	0,0080	88	11,5
5	Б-1-3; ОУ-1	71	10,75	117	0,7137	0,0101	111	11,0
6	Б-2-1; ОУ-2	76	8,55	93	0,5518	0,0073	80	9,9
7	Б-2-2; ОУ-2	72	10,68	116	0,6867	0,0095	105	10,8
8	Б-2-3; ОУ-2	71	10,72	117	0,7269	0,0102	113	10,1
9	ЖКУ № 41	64	11,23	122	0,6157	0,0096	106	9,9
10	ЖКУ-КМЦ № 41	72	11,80	128	0,7519	0,0104	115	10,3
11	Б-2-4; ОУ-2	59	7,15	78	0,3701	0,0063	69	12,8
12	Б-2-5; ОУ-2	69	10,61	115	0,6743	0,0098	108	11,6
13	ГК-ЖКУ	64	10,58	115	0,6049	0,0095	104	11,8
14	ГК-ЖКУ-КМЦ	61	10,36	113	0,5779	0,0095	104	11,1
15	Гумивит	74	12,62	137	0,9308	0,0126	138	8,3
16	<u>Б₄ГФ-16-2-14-(1)</u>	70	12,98	141	1,0598	0,0151	167	9,4
17	Б ₁₀ ГФ-16-2-14-(2)	72	10,98	119	0,8651	0,0120	132	11,4

Таблица 5. Результаты учета лабораторных опытов 4 на породе Авдеевского КХЗ

№ вар.	Препарат	Промежуточные рез-ты 26.05.08 г.					Масса корней, г
		Кол- во, шт	Ср.высота, см	Узеленая масса, г	Ср. масса 1 раст.	Окончание опыта 26.06.08	
1	Контроль – вода	77	21,0532	7,1626	0,0930	0,3281	
		73	27,2041	11,975	0,1640	0,6732	
8	Б-2-3; ОУ-2	81	17,1728	5,4604	0,0674	0,3547	
		76	19,4470	8,444	0,1111	0,4104	
10	ЖКУ-КМЦ №41	71	10,1592	1,8943	0,0267	0,2838	
		51	18,5118	5,667	0,1111	0,5478	
15	Гумивит	73	21,8493	5,8555	0,0802	0,2071	
		77	26,8338	11,530	0,1497	0,4532	
16	<u>Б₄ГФ-16-2-14-(1)</u>	75	20,7960	7,0004	0,0933	0,1426	
		71	28,1915	12,463	0,1755	0,5227	
17	Б ₁₀ ГФ-16-2-14-(2)	64	20,5125	5,4273	0,0848	0,2552	
		80	23,7225	10,810	0,1351	0,5054	

В таблице 6 приведены результаты 5 серии опытов, в которой были приготовлены грунтосмеси на основе нейтрализованной породы отвала углеобогащения. К породе добавляли опилки, обработанные предварительно минеральными удобрениями (30 суток выдержки), а также почва (из под клена, содержание органического вещества = 14%, влажность = 10,9%). Почва добавлена с целью повышения влагоудерживающих свойств. Из данных таблицы видно, что повышение процентного содержания почвы приводит к повышению биологической активности грунтосмеси. Добавка удобрений и гумивита ухудшает характеристики (меньше зеленая масса травы и корней). Это связано с тем, что в более удобренной почве корневая система всегда меньше, так как ей нет необходимости развиваться для получения питательных веществ.

В таблице 7 приведены результаты 7-й серии опытов, в которых проведено сравнительное изучение роста зеленой массы и корней овсяницы и газонной травы.

Таблица 7. Сравнительное выращивание овсяницы и газонной травы на грунтосмеси

№№ пп	составы	Растения	окончание опыта					
			кол- во, шт	h _{ср} , см	∑m Сырой зелен., г	масса сухих корней ,г	сырая масса 1-го раст,г	pH водн. вытяжки 1:5грунт
1.	нейтрализованная порода + 4,5% опилок	овсяница	35	23,0657	8,1491	0,2674	0,2328	5,40
2	нейтрализованная порода + 4,5% опилок + БГФ-1	овсяница	12	19,2417	2,1863	0,0423	0,1822	5,36
3	нейтрализованная порода + 4,5% опилок	газонная	42	19,1762	4,3740	0,2936	0,1041	5,20
4	нейтрализованная порода + 4,5% опилок + БГФ-1	газонная	18	21,3111	3,6922	0,1680	0,2051	5,30
5	нейтрализованная порода + ~≥5% опилок	овсяница	41	23,2244	8,4082	0,5526	0,2050	5,60
6	нейтрализованная порода + ~≥5% опилок	газонная	39	21,1487	6,6300	0,4680	0,1700	5,61

Таблица 6. Изучение биологической активности грунтосмесей на основе породы углебогашения. Трава овсяница.

№№ Вариан т	Препарат	окончание опыта 27.08.08 Г.				
		кол-во, шт	ср.высот а, см	Узеленая масса, г	ср. масса 1 раст.	масса корней, г
1	Контроль – нейтр. порода	67	18,8537	2,4253	0,0362	0,2038
2	нейтр. порода + опилки (2%)	59	26,8833	4,1165	0,0698	0,1424
3	нейтр. порода + 2% опилок + 2% почвы	56	20,9500	4,6557	0,0831	0,2090
4	нейтр. порода + 2% опилок + 5% почвы	61	21,2853	5,9861	0,0981	0,2183
5	нейтр. порода + 2% опилок + 2% почвы + гумивит	50	23,0600	4,1096	0,0822	0,1379
6	нейтр. порода + 2% опилок + 2% почвы + <u>Б4ГФ-16-2-14-(1)</u>	27	21,2556	2,5328	0,0938	0,0551
7	нейтр. порода + 2% опилок + 5% почвы + гумивит	61	19,8459	5,6250	0,0922	0,2071
8	нейтр. порода + 2% опилок + 5% почвы + <u>Б4ГФ-16-2-14-(1)</u>	53	20,9283	3,5011	0,0661	0,0862
9	нейтр. порода + 2% опилок + 2% почвы + Б-2-3; ОУ-2	57	19,7316	2,0160	0,0354	0,1044
10	нейтр. порода + 2% опилок + 2% почвы + гумат	53	19,6698	3,6209	0,0683	0,1528
11	нейтр. порода + 2% опилок + 5% почвы + Б-2-3; ОУ-2	60	18,9633	4,1789	0,0692	0,1916
12	нейтр. порода + 2% опилок + 5% почвы + гумат	57	20,8158	3,8170	0,0670	0,1003
13	нейтр. порода + 2% опилок + 2% почвы + ГК-ЖКУ № 41 N ₃₀ P ₃₃ K ₁₅ г/л	21	15,4381	1,8610	0,0886	0,0334
14	нейтр. порода + 2% опилок + 2% почвы + ЖКУ-КМЦ № 41 N ₆₀ P ₆₆ K ₅₀ г/л	39	17,7385	2,0186	0,0518	0,0744

Результаты 7-й серии опытов подтверждают данные 6-й серии в плане отрицательного влияния снижения продуктивности зеленой массы и корней при добавке удобрений. Этот факт также подтверждает достаточно высокие плодородные свойства самой нейтрализованной породы отвала углеобогащения Авдеевского коксохимзавода.

Таким образом, на основании анализа свойств исходной породы углеобогащения и результатов опытов на ней были получены положительные результаты при минимальных добавках компонентов. Подтверждена потенциальная плодородность породы. Недостатком является пока только низкие влагоемкость и влагоудержание модернизируемой породы. Дальнейшие опыты будут направлены на улучшение этих свойств.

1. Нестеренко Л.Л., Бирюков Ю.В., Лебедев В.А. Основы химии и физики горючих ископаемых. - Киев: Вища школа, 1987. – 359 с.
2. Пахненко Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные удобрения. - М.: БИНОМ, Лаб. Знаний, 2007. – 311 с.
3. Гуминовые вещества в биосфере. – М.: МГУ, 2003. – 313 с.