УДК 504.06:622.33

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-2.22>

АНАЛІЗ СТАНУ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ НА ТЕРИКОНАХ

Зубова Л.Г. – д.т.н., професор,

провідний науковий співробітник, Український ордена «Знак пошани»

Науково-дослідний інститут лісового господарства і агролісомеліорації
імені Г.М. Висоцького

Зубов О.Р. – д.с.-г.н., професор, провідний науковий співробітник,

Український ордена «Знак пошани»

Науково-дослідний інститут лісового господарства і агролісомеліорації
імені Г.М. Висоцького

Зубов А.О. – к.т.н., докторант,

Інститут агроекології та природокористування

Національної академії аграрних наук

Метою дослідження був аналіз стану штучних лісових насаджень на породних відвалах вугільних шахт через багаторічний період після їх рекультивації. Проаналізовано досвід вирощування лісу на вугільних відвалах в Україні й технології, розроблені в Українській сільськогосподарській академії (УСГА) та Донецькому ботанічному саду. Об'єктами дослідження є конічний відвал № 1 шахти «Чорноморка» висотою 50 м і плаский відвал шахти ім. М.Л. Рухимовича ПАТ «Лисичанськвугілля» висотою 30 м, заліснені авторами в 1985 і 1989 рр. за способами УСГА, та Донецького ботанічного саду відповідно. Висаджуванню деревних культур передував гірничотехнічний етап у вигляді ручної поділки мікротерас на відкосах відвалів. Подано результати дослідження властивостей породи, що визначають лісорослинні умови відвалів: агрегатний і гранулометричний склад, фізичні властивості, хімічний склад, засоленість, рН. Вивчення фізико-хімічних властивостей породи й результати заліснення дали змогу зробити висновок про її природну родючість і придатність відвалів для вирощування культурних рослин за умови проведення заходів, спрямованих на зниження надлишкової кислотності й збалансованість поживних речовин. Восени 2019 р. – через 35 і 30 років відповідно – після проведення біологічної рекультивації виконано обстеження насаджень.

У статті подано статистичні показники отриманих даних із діаметрів стовбура дуба черешчатого, акації білої та лоху вузьколистого, що зростають на відвалі шахти «Чорноморка», та акації білої на відвалі шахти ім. М.Л. Рухимовича. Довірчі інтервали діаметрів акації білої на відвалах дорівнюють, відповідно, $8,0 \pm 0,74$ та $10,6 \pm 1,73$ см; дуба та лоху, відповідно, $13,5 \pm 2,0$ і $10,8 \pm 2,2$ см. Подано результати перевірки даних на однорідність і відповідність нормальному закону розподілу за коефіцієнтом варіації, асиметрією та ексцесом, а також за методом спрямлених діаграм. Загалом стан лісонасаджень через 30–35 років оцінено як добрий. Цей факт є підтвердженням того, що способи озеленення та захисно-декоративного заліснення териконів вугільних шахт, розроблені в УСГА та Донецькому ботанічному саду, є ефективними.

Ключові слова: вугільна шахта, породний відвал, відвальна порода, рекультивація, мікротераса, заліснення.

Zubova L.H., Zubov O.R., Zubov A.O. The analysis of the state of forest plants on the terricons

The aim of the research was to analyze the state of artificial forest plantations on areas of refuse from coal mines over a long period after their reclamation. The experience of growing forests on coal waste dumps in Ukraine and the technologies developed by the Ukrainian Agricultural Academy (UAA) and Donetsk Botanical Garden are analyzed. The objects of research are the conical waste dump No 1 of the Chernomorka mine and a flat blade with a height of 30 m of the mine named after M.L. Rukhimovich OJSC "Lisichanskugol", their heights are 50 and 30 m, respectively. They were afforested by the authors in 1985 and 1990, respectively. Forest restoration was carried out according to the methods of the UAA and the Donetsk Botanical Garden, respectively. The planting of wood crops was preceded by a mining stage in the form of manual crafts of microterraces on the slopes of dumps. The results of the study

of waste rock properties that determine the forest-growing conditions of dumps are presented: aggregate and particle size distribution, physical properties, chemical composition, salinity, pH etc. The study of the physicochemical properties of the waste rock and the afforestation results led to the conclusion about its natural fertility and suitability of waste dumps for growing cultural plants, subject to measures aimed at reducing excess acidity and the balance of nutrients. In the autumn of 2019 – after 35 and 30 years, respectively, after biological reclamation, examination of the stands was performed. The statistical indicators of the data on the diameters of the trunk of the *Quercus robur*, *Robinia pseudoacacia* and *Elaeagnus angustifolia*, growing on the dump of the Chernomorka mine, and *Robinia pseudoacacia* on the dump of the mine named after M.L. Rukhimovich are provided. Confidence intervals for diameters of *Robinia pseudoacacia* on dumps are 8.0 ± 0.74 and 10.6 ± 1.73 cm, respectively; *Quercus robur* and *Elaeagnus angustifolia*, respectively 13.5 ± 2.0 and 10.8 ± 2.2 cm. The results of checking the data for homogeneity and compliance with the normal distribution law by the coefficient of variation, asymmetry and excess, as well as by the method of straightened diagrams are presented. In general, the state of afforestation after 30 and 35 years is assessed as good. This fact confirms that the methods of protective-decorative afforestation of the waste dumps of coal mines, developed in Ukrainian Agricultural Academy and Donetsk Botanical Garden are effective.

Key words: coal mine, waste dump, waste rock, reclamation, microterrace, afforestation.

Постановка проблеми. Сьогодні в Україні – на території Львівсько-Волинського та Донецького кам'яновугільних басейнів – височіють понад 1300 відвалів пустої породи вугільних шахт – териконів [1]. Практично всі вони, за винятком рідких випадків їх повної залісненості, є джерелом забруднення десятків тисяч гектарів прилеглих сільгоспугідь екологічно небезпечними частками підкисленої відвальної породи – продуктами водної та вітрової ерозії, в яких важкі метали містяться в доступній для рослин формі. Наслідком цього для агропромислового виробництва є зниження продуктивності угідь та отримання продукції, забрудненої важкими металами [1; 2; 3].

Найбільш ефективним напрямом оптимізації териконових ландшафтів є лісова рекультивація. Добрий стан лісових насаджень на відвалах – це основний фактор управління їх екологічною безпекою (таблиця 1).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перші спроби вирощування лісу на териконах були зроблені в 1949–1951 рр. Інститутом лісівництва АН УРСР.

Під час використання садово-паркового способу посадки дерев у заповнені чорноземним ґрунтом ями розміром 50 x 50 см і глибиною 70 см дала задовільні результати щодо приживлюваності, але в подальшому саджанці на крутосхилах усохли через невідповідність розвиненої надземної частини малій кількості ґрунту та вологості і збереглися лише біля підніжжя відвалів.

Перші результати робіт описані авторами [4–6]. Пізніше співробітниками Української сільськогосподарської академії (УСГА, а нині Національний університет біоресурсів та природокористування) [7–10] і Донецького ботанічного саду [11–13] розроблено способи озеленення та захисно-декоративного заліснення териконів вугільних шахт.

Згідно зі способом УСГА, закладці лісонасаджень на крутосхилах териконів передусє мікротерасування. Під час рекультивації териконів за способом Донецького ботанічного саду передбачається переформування конічного відвалу в плоский, виположування відкосів, формування мікротерас, часткова меліорація породи і створення захисно-меліоративного рослинного покриву.

Постановка завдання. Мета дослідження – аналіз стану лісових насаджень на рекультивованих териконах через багаторічний період після їх створення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідними об'єктами були породні відвали шахт «Чорноморка» та ім. М.Л. Рухимовича ПАТ «Лисичанськвугілля» (рис. 1–2), на яких у 1985 і 1989 рр., відповідно, авторами проведена лісова рекультивація за способами УСГА та Донецького ботанічного саду [1–3; 14; 15].

Таблиця 1

**Екологічний стан териконових ландшафтів і його трансформація
в ході рекультивації поверхні шахтних відвалів**

Шкідливий вплив відвалів на довкілля		Екологічний ефект від лісової рекультивації поверхні відвалів
Види	Обсяги	
Забруднення повітря продуктами дефляції	Здувається 1–50 мг/с пилу з 1 м ² поверхні	Дефляція покритої лісом поверхні майже повністю припиняється. Пил, що все ж таки утворюється, поглинається насадженнями. Їх га за сезон здатний утримати до 40 т пилу
Змив породи на прилеглу територію в результаті ерозії	Не менше ніж 400 м ³ із 1 га поверхні щорічно	Лісові насадження дають змогу зарегулювати поверхневий стік і здатні повністю запобігти ерозійним процесам
Забруднення повітря продуктами горіння	За добу з одного відвалу, що палає, викидається 4–5 т CO ₂ , 0,6–1,1 т SO ₂ .	На вкритих лісом територіях процеси горіння згасають, тому що корінням дерев утримується вже вивітрілий та окислений верхній шар породи. Волога опадів, без якої неможливе окислення піриту розташованих нижче шарів, проникає неглибоко, тобто зволожує тільки верхні шари
Зниження біопро-дуктивності, прилеглої території та майже повної відсутності на поверхні відвалів	У регіоні 86% відвалів позбавлені рослинності, 10% заросли частково й тільки 4% мають розвинений рослинний покрив	Проведення лісової рекультивації дає змогу відновити енергетичний баланс і біологічну продуктивність до рівня природної (3 м ³ /га)

Рис. 1. Вигляд терикону № 1 шахти «Чорноморка» до проведення рекультивації та затерасований плоский відвал шахти ім. М.Л. Рухимовича

Гірничотехнічний етап на відвалах виконано шляхом мікротерасування вручну. Перший до заліснення мав конічну форму й висоту 50 м, другий – зрізану верхівку й був 30 м заввишки.

Рис. 2. Мікротерасування терикону № 1 шахти «Чорноморка», 1985 р.

У період заліснення та після нього досліджувалися різні властивості відвальної породи. Результати наведені в таблицях 1–9 та на рис. 3–6.

Конічний відвал (терикон) № 1 шахти «Чорноморка». Відсіпання породи закінчено в 1981 р. У 1983 р., до підготовки терикона до заліснення, проведено ґрунтове обстеження відвальної породи. На момент рекультивації відвал містив її 690 тис. м³, кут нахилу його хвостової частини (ребра) дорівнював 19°, лобової – 33°. Ґрунти мали грубий гранулометричний склад (уміст фракції розміром < 1 мм дорівнював 20%), основною його частиною був великоуламковий матеріал, представлений головним чином камінням і гравієм, на частку яких припадало до 75% загальної маси. Від механічного складу ґрунтів залежать фізичні властивості териконкової породи. Об'ємна маса різних її шарів становила 1,3–1,6 г/см³. Перегоріла сланцева порода, розташована нижче горизонту 30–50 см, мала щільність 1,4 г/см³, середня щільність твердої фази становила 2,71 г/см³. Водно-повітряні властивості ґрунтів залежать від кількості й розмірів пор, загальна пористість коливалася в межах 43–50%. Важливою характеристикою пористості є її аерація, тобто частина загального обсягу пор і пустот, яка заповнюється повітрям. Для породи вона змінювалася від 27 до 55%, що свідчить про добрі умови для рослин. Гігроскопічна вологість породи терикону № 1 із глибиною збільшувалася з 2,25% до 5,07%. Максимальна гігроскопічність породи варіювала від 5,2 до 12,6% (таблиця 2).

Таблиця 2

Фізичні властивості породи терикону № 1 шахти «Чорноморка»

Глибина, см	Показники						
	об'ємна маса, г/см ³	питома маса, г/см ³	загальна пористість, %	аерованість, %	гігроскопічна вологість, %	максимальна гігроскопічність, %	вологість зав'ядання, %/мм
0–20	1,4	2,71	48	27–55	2,25	5,2	7,0/19,5
20–40	1,55	2,71	43	27–55	3,28	7,4	9,9/30,8
40–60	1,5	2,71	44	27–55	4,01	8,7	11,7/35,0
60–100	1,4	2,71	49	27–55	5,07	12,6	16,9/47,3

Одним із факторів, що лімітують зростання рослин, є підвищена кислотність (таблиця 3). Значення рН на териконі № 1 варіювало від 4 до 7,5 (від сильно кислої до слаболужної реакції). Сильнокисла реакція спостерігалася на середньому й нижньому ярусах схилу західної експозиції (лобова частина терикону). Фітотоксичність порід визначається засоленням і вмістом водорозчинних солей. Майже всі зразки ґрунту були засолені, щільний залишок їх перевищував 0,3%.

Уміст сульфат-іону, що визначав засолення ґрунтів, варіював в інтервалі 0,21–4,42%. Хлориди не відігравали значної ролі в засоленні, їх уміст був 0,003%. Уміст Са – 0,046–0,493%, Mg – 0,026–0,612%, Na – 0,003–0,435%. Основне місце в ПК породи належало катіонам лужноземельних металів (див. таблицю 3).

Для агрохімічної оцінки породи важливо знати вміст рухомих форм азоту, фосфору й калію, які слугують джерелом живлення рослин (таблиця 4).

Виявлено, що забезпеченість рухомих фосфором була недостатня для нормального росту рослин. Фосфор у кислому ґрунті утворює нерозчинні сполуки із залізом та алюмінієм. Найменший уміст фосфору (0,5 мг на 100 г) спостерігався в шарі висотою 20–40 см середнього й нижнього ярусів схилу (лобова частина терикону), де рН був найнижчим (4,1 і 4). У 100 г породи відвалу K_2O містився в межах 4,5–60 мг, чіткого розподілу його за шарами породи не спостерігалось. У ґрунтах було мало легкогідролізованого азоту.

На рис. 3 показано параметри відвалу й результати обстеження його поверхні.

Рис. 3. Вид терикону зверху: а – параметри (α – кут укосу, L – довжина схилу, S – площа поверхні); б – ґрунтова карта: 1 – сірі шаруваті сланці, 2 – охристі перегорілі сланці, 3 – осередки горіння

Плаский відвал шахти ім. М.Л. Рухимовича.

Результати агрегатного та гранулометричного аналізу породи відвалу, які представлені на рис. 5 і 6, свідчать, що склад породи істотно варіює за експозицією схилів і глибиною (0–5, 0–25, 25–50 і понад 50 см).

Уміст найбільш грубої фракції (понад 10 мм) за даними сухого розсіву в зразках варіює від 6,03 до 52,07%, фракції менше за 0,25 мм – від 2,34 до 6,66%. Після мокрого розсіювання вміст фракції меншої за 0,25 мм збільшився до 12,94–61,32%, а найбільшою стала фракція 3–5 мм.

Таблиця 3

Аналіз водної витяжки відвальної породи терикону № 1 шахти «Чорноморка»

Експозиція	Глибина відбору, см	pH	Ca		Mg		Na		HCO ₃		Cl		SO ₄		Щільний залишок, %
			м-е	%	м-е	%	м-е	%	м-е	%	м-е	%	м-е	%	
Верхівка	0-20	6,5	10,8	0,215	5,75	0,069	3,34	0,077	0,15	0,009	0,30	0,011	19,4	0,931	1,308
	20-40	6,4	11,3	0,226	5,7	0,068	2,91	0,067	0,13	0,008	0,28	0,01	19,5	0,936	1,311
	40-60	6,4	11,7	0,234	5,3	0,064	3,0	0,069	0,14	0,008	0,38	0,013	19,5	0,935	1,319
	60-80	7,0	11,4	0,227	5,15	0,062	2,48	0,057	0,21	0,013	0,39	0,014	18,4	0,882	1,249
	80-100	7,0	9,0	0,180	4,85	0,058	3,77	0,086	0,25	0,015	0,53	0,019	16,8	0,807	1,157
Схід, середина	0-20	5,2	9,25	0,185	4,85	0,058	0,56	0,013	0,09	0,005	0,17	0,006	14,4	0,691	0,956
	20-40	5,4	13,5	0,270	6,5	0,078	0,7	0,016	0,09	0,005	0,17	0,006	20,4	0,981	1,354
	40-60	6,0	13,8	0,275	7,25	0,087	0,92	0,021	0,1	0,006	0,17	0,006	21,7	1,039	1,431
	60-80	6,5	13,8	0,275	5,7	0,068	1,43	0,033	0,15	0,009	0,4	0,014	20,3	0,976	1,371
	80-100	7,0	7,0	0,140	5,5	0,066	1,35	0,031	0,26	0,015	0,2	0,007	13,4	0,643	0,895
Схід, низ	0-20	5,1	7,75	0,155	2,75	0,039	0,22	0,005	0,08	0,005	0,11	0,004	10,5	0,505	0,705
	20-40	6,6	7,0	0,140	3,5	0,042	0,70	0,016	0,13	0,008	0,18	0,006	10,9	0,522	0,730
	40-60	6,2	11,0	0,220	3,9	0,047	0,48	0,011	0,08	0,005	0,19	0,007	15,1	0,725	1,013
	60-80	6,4	5,25	0,105	5,0	0,06	1,52	0,035	0,1	0,006	0,8	0,028	11,1	0,531	0,762
	80-100	6,4	6,0	0,120	3,8	0,046	0,7	0,016	0,1	0,006	0,22	0,008	10,2	0,489	0,682
Північ, середина	0-20	6,9	2,3	0,046	2,2	0,026	0,17	0,004	0,14	0,008	0,14	0,005	4,39	0,211	0,296
	20-40	5,2	9,0	0,180	3,5	0,042	0,83	0,019	0,07	0,004	0,15	0,005	13,1	0,629	0,877
	40-60	6,1	10,5	0,210	3,5	0,042	1,3	0,03	0,1	0,006	0,09	0,003	15,1	0,725	1,013
	60-80	4,6	24,7	0,493	51,0	0,612	18,9	0,435	сліди	-	2,55	0,09	92,0	4,416	6,046
	80-100	4,4	16,5	0,330	33,4	0,400	13,7	0,315	0,02	0,001	1,02	0,036	62,5	3,001	4,082
Північ, низ	0-20	6,6	2,7	0,054	2,3	0,028	0,13	0,003	0,08	0,005	0,1	0,004	4,95	0,238	0,330
	20-40	7,3	2,4	0,048	2,75	0,033	0,13	0,003	0,34	0,021	0,09	0,003	4,85	0,233	0,661
	40-60	7,5	3,35	0,067	3,0	0,036	0,13	0,003	0,43	0,026	0,09	0,003	5,96	0,286	0,408
	60-80	7,4	4,25	0,085	3,25	0,039	0,26	0,006	0,30	0,018	0,09	0,003	7,37	0,354	0,496
	80-100	7,5	3,75	0,075	3,1	0,037	0,26	0,06	0,40	0,024	0,09	0,003	6,62	0,318	0,451

Закінчення таблиці 3

Експозиція	Глибина відбору, см	pH	Ca		Mg		Na		HCO ₃		Cl		SO ₄		Щільний залишок,	
			м-е	%	м-е	%	м-е	%	м-е	%	м-е	%	м-е	%	м-е	%
Захід, середина	0-20	4,7	12,1	0,242	6,5	0,078	0,56	0,013	0,04	0,002	0,1	0,004	19,0	0,913		1,251
	20-40	4,1	8,85	0,177	6,05	0,073	0,70	0,016	сліди	-	0,14	0,005	15,5	0,742		1,013
	40-60	4,4	10,3	0,205	7,15	0,086	0,87	0,020	0,04	0,002	0,10	0,004	18,1	0,870		1,186
	60-80	5,7	7,35	0,147	10,7	0,128	2,43	0,056	0,1	0,006	0,21	0,007	20,1	0,966		1,307
Захід, низ	0-20	4,4	12,5	0,250	5,70	0,068	0,26	0,006	0,02	0,001	0,1	0,004	18,3	0,880		1,208
	20-40	4,0	12,5	0,250	4,60	0,055	0,17	0,004	сліди	-	0,1	0,004	17,2	0,824		1,137
	40-60	6,5	9,15	0,183	5,85	0,07	0,35	0,008	0,11	0,007	0,11	0,004	15,1	0,726		0,995
	60-80	5,1	12,5	0,250	5,45	0,065	0,39	0,009	0,09	0,005	0,10	0,004	18,2	0,871		1,202
Південь, середина	80-100	6,7	9,75	0,195	6,3	0,076	0,30	0,007	0,13	0,008	0,11	0,004	16,1	0,773		1,059
	0-20	7,0	11,0	0,220	8,25	0,099	4,57	0,105	0,21	0,013	0,30	0,011	23,3	1,119		1,561
	20-40	6,8	5,35	0,107	6,05	0,073	5,95	0,137	0,20	0,012	0,35	0,012	16,8	0,806		1,147
	40-60	6,7	8,20	0,164	4,30	0,052	1,74	0,040	0,17	0,010	0,18	0,006	13,9	0,666		0,938
Південь, низ	60-80	6,4	7,50	0,150	5,0	0,060	1,65	0,038	0,15	0,009	0,19	0,007	13,8	0,662		0,922
	80-100	5,2	11,2	0,224	8,05	0,097	1,43	0,033	0,10	0,006	0,15	0,005	20,4	0,980		1,342
	0-20	6,4	12,0	0,240	8,25	0,099	8,26	0,190	0,15	0,009	1,38	0,049	27,0	1,295		1,878
	20-40	5,3	11,5	0,230	22,5	0,027	8,70	0,200	0,14	0,008	1,00	0,036	41,6	1,995		2,492
Південь, низ	40-60	4,0	10,5	0,210	29,0	0,035	4,35	0,106	0,10	0,006	0,40	0,014	43,4	2,081		2,443
	60-80	4,7	15,8	0,316	46,2	0,055	2,65	0,061	0,07	0,004	0,42	0,015	64,1	3,077		3,526
	80-100	5,3	11,3	0,225	54,3	0,065	4,99	0,115	0,13	0,008	0,62	0,022	69,7	3,348		3,779

Таблиця 4

Хімічний склад відвальної породи терикону № 1 шахти «Чорноморка»

Експозиція та частина відкосу	Глибина відбору породи, см	Поглинені катіони мг-екв на 100 г породи за Пффером				Ємність поглинання, мг-екв/100 г	N за методом Корнфілда	P ₂ O ₅ за методом Чірікова	K ₂ O за методом Чірікова
		Ca	Mg	Na	K				
Верхівка	0-20	19,0	5,8	4,0	0,5	9,1	2,8	3,0	18,5
	20-40	18,5	5,7	3,6	0,4	8,1	2,8	2,3	13,5
	40-60	19,5	5,3	3,6	0,4	8,6	2,8	2,5	12,0
	60-80	19,7	5,2	3,6	0,5	9,6	2,3	4,0	17,0
	80-100	17,7	6,5	3,8	0,6	10,7	2,5	4,0	19,5
Схід, середина	0-20	18,7	6,3	0,6	0,2	11,1	2,7	3,0	7,5
	20-40	20,2	7,8	1,0	0,3	8,4	3,6	1,6	9,5
	40-60	21,0	7,5	1,1	0,3	7,8	3,2	2,8	10,5
	60-80	18,7	7,3	1,8	0,3	7,0	3,2	2,5	13,0
	80-100	12,7	7,5	1,5	0,4	7,9	2,2	8,1	15,8
Схід, низ	0-20	15,5	4,5	0,3	0,2	9,5	5,7	1,0	6,5
	20-40	12,7	5,8	0,8	0,3	8,2	1,5	3,5	12,5
	40-60	20,0	7,5	0,6	0,3	12,9	2,8	3,0	12,0
	60-80	13,0	9,7	1,7	0,8	13,0	24,5	7,8	24,2
	80-100	12,5	8,2	1,0	0,5	11,4	2,1	5,5	16,0
Північ, середина	0-20	9,0	6,0	0,4	0,6	10,9	6,2	4,5	18,0
	20-40	17,5	6,5	1,3	0,5	12,2	>35	1,0	8,5
	40-60	20,7	5,0	2,1	0,3	12,5	>35	2,0	4,5
	60-80	29,6	51,6	18,3	0,3	6,5	>35	4,8	35,0
	80-100	18,6	33,7	13,8	2,8	3,9	26,1	4,8	60,0
Північ, низ	0-20	9,2	5,5	0,3	0,6	10,3	2,9	6,8	12,0
	20-40	9,7	6,5	0,3	0,3	11,2	2,7	5,5	15,0
	40-60	10,5	6,2	0,3	0,3	9,5	2,9	4,0	14,5
	60-80	11,5	6,5	0,3	0,3	10,6	3,2	4,0	14,8
	80-100	8,7	8,5	0,4	0,3	10,5	2,8	4,0	15,8

Закінчення таблиці 3

Експозиція та частина відкосу	Глибина відбору породи, см	Поглинені катіони мг-екв на 100 г породи за Пфферером				Ємність поглинання, мг-екв/100 г	N за методом Корнфілда	P ₂ O ₅ за методом Цірікова	K ₂ O за методом Цірікова
		Ca	Mg	Na	K				
Захід, середина	0-20	17,7	6,5	0,6	0,2	5,7	5,8	1,0	6,5
	20-40	14,5	6,3	0,8	0,1	6,3	4,2	0,5	2,5
	40-60	16,5	8,5	1,0	0,2	7,7	2,3	1,0	4,5
	60-80	13,2	13,3	2,5	0,3	8,7	2,4	2,3	12,0
	80-100	12,5	9,2	1,1	0,3	-	2,5	1,0	8,0
Захід, низ	0-20	14,5	5,7	0,4	0,1	2,1	2,4	1,3	4,5
	20-40	20,0	4,8	0,4	0,1	7,9	>35	0,5	0,5
	40-60	17,0	6,7	0,6	0,6	9,3	10,5	11,8	10,0
	60-80	21,7	5,8	0,5	0,5	10,0	21,4	3,8	3,5
	80-100	16,7	6,8	0,5	0,5	7,9	7,7	9,3	10,0
Південь, середина	0-20	12,5	9,7	7,3	0,6	5,9	29,4	7,5	20,0
	20-40	13,2	7,3	6,6	0,4	9,9	2,2	6,0	15,8
	40-60	16,2	6,0	1,7	0,5	10,0	2,8	5,0	17,0
	60-80	16,2	7,3	1,7	0,5	11,1	2,8	8,7	16,5
	80-100	20,0	10,7	1,4	0,5	11,7	2,9	7,0	14,0
Південь, низ	0-20	20,5	8,7	10,0	0,8	17,1	2,4	9,3	20,5
	20-40	17,0	23,0	10,0	0,2	8,5	>35	3,5	2,5
	40-60	15,2	29,0	5,9	0,3	6,5	1,3	3,0	2,5
	60-80	16,0	46,2	3,8	0,5	2,2	3,7	2,5	2,5
	80-100	13,5	51,3	6,5	0,8	4,4	5,7	5,5	9,5

Таблиця 5

Аналіз водної витяжки з відвальної породи шахти ім. М.Л. Рухимовича

Експозиція	Глибина відбору, см	HCO ₃		Cl		SO ₄		Ca		Mg		Na		K		Сума аніонів, мг-е	Сухий залишок, %
		мг-е	%	мг-е	%	мг-е	%	мг-е	%	мг-е	%	мг-е	%	мг-е	%		
Пн	0–25	-	-	0,025	0,001	16,5	0,79	12,3	0,245	3,25	0,039	0,848	0,019	0,0007		16,5	16,4
	25–50	-	-	0,050	0,002	16,4	0,79	14,3	0,285	2,13	0,025	0,663	0,015	0,0004		16,4	17,1
	> 50	-	-	0,025	0,001	15,8	0,76	14,3	0,285	2,5	0,03	0,695	0,016	0,0002		15,8	17,5
ПнЗ	0–25	0,025	0,002	0,050	0,002	15,8	0,76	8,0	0,160	8,25	0,099	0,706	0,016	0,077	0,003	15,8	16,0
	25–50	0,210	0,013	0,050	0,002	19,0	0,91	10,5	0,210	8,25	0,099	0,728	0,017	0,115	0,0045	19,3	19,6
	> 50	0,220	0,013	0,025	0,001	15,8	0,76	9,5	0,190	6,5	0,078	0,902	0,021	0,166	0,0065	16,1	16,2
ПнС	0–25	0,030	0,002	0,025	0,001	9,25	0,44	7,75	0,155	1,5	0,018	0,445	0,010	0,218	0,0085	9,3	10,0
	25–50	0,02	0,001	0,025	0,001	9,25	0,44	8,25	0,165	1,5	0,018	0,522	0,012	0,192	0,0075	9,3	10,5

Таблиця 6

Хімічний склад відвальної породи шахти ім. М.Л. Рухимовича (1990 р.)

Експозиція	Глибина відбору, см	рН водне	рН со-льове	Рухливий алюміній		Омінна кислота- ність, мг-е/100 г	Закисне залізо, мг/100г	Окисне залізо, мг/100г	N-NO ₃ , мг/кг	Рухливі за Кірсано- вим, мг/кг		N-NH ₄ , мг/кг	Валові, %		Поглинені, мг-е/100г за Пффером				Ємність, мг-е/100 г за Пффером
				мг/ 100г	мг-е/ 100г					P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	Ca	Mg	K	Na	
Пн	0-25	4,3	3,92	14,4	1,6	3,81	10,6	18,6	1,6	189	284	31,0	0,13	0,09	2,5	2,5	0,69	0,96	7,0
	25-0	3,85	2,95	17,1	1,9	6,19	13,4	30,6	2,1	88	20	215	0,36	0,08	5,5	8,7	0,62	1,74	18,0
	> 50	4,0	3,6	16,2	1,8	5,95	12,2	32,0	1,8	146	16	145	0,24	0,08	3,5	8,5	0,5	1,3	17,0
ПнЗ	0-25	4,4	3,9	17,82	1,98	4,27	16,6	27,1	21,9	120	96	33	0,2	0,08	3,5	8,7	0,51	1,3	15,0
	25-50	4,35	3,8	23,4	2,6	5,28	30,4	41,7	16,2	97	50	126,4	0,16	0,08	2,5	6,5	0,38	1,39	12,0
	> 50	6,12	5,8	0,72	0,08	0,14	13,4	31,1	1,9	189	204	15,0	0,11	0,09	2,5	12,7	0,26	1,04	18,0
ПнСх	0-25	4,82	4,2	4,32	0,48	0,98	13,4	24,5	2,0	339	260	93,4	0,12	0,08	3,5	12,7	0,13	1,22	19,0
	25-50	4,3	3,92	14,4	1,6	3,81	10,6	18,6	1,6	189	284	31,0	0,13	0,09	2,5	2,5	0,69	0,96	7,0

На момент рекультивації відвалу його порода була засолена, уміст водорозчинних солей у зразках перевищував 0,3% (таблиці 5, 6). Сухий залишок водної витяжки досягав 0,73–1,76%. Уміст сульфат-іону варіював від 0,44 до 1,32%. На ріст і розвиток деревних рослин на засолених ґрунтах негативно впливає не тільки кількісний уміст легкорозчинних солей, а і їх якісний склад (співвідношення іонів). Оскільки в породі були відсутні іони CO_3^{2-} , у ній не було токсичних солей Na_2CO_3 і MgCO_3 . Іони HCO_3^- нетоксичні, а іони SO_4^{2-} обумовлені в породі головним чином наявністю нетоксичних солей CaSO_4 , меншою мірою токсичних – Na_2SO_4 і MgSO_4 . Іони Cl^- належать до токсичних, бо вони входять у токсичні солі NaCl і MgCl_2 .

Уміст хлоридів у зразках – 0,001–0,005%. Засолення й уміст водорозчинних солей тісно пов'язані з рН, значення якого для породи відвалу дорівнювало 4–6, у зв'язку з чим вона поповнювалася полуторними оксидами заліза й алюмінію.

Залізо в породі плаского відвалу містилося у формах $\text{Fe}_{(\text{II})}$ і $\text{Fe}_{(\text{III})}$.

Рис. 4. Циклограми агрегатного складу породи (сухий розсів) плаского відвалу шахти ім. М.Л. Рухимовича за експозиціями та глибинами:

ПН: 1 – >50 см; 2 – 25–50 см; 3 – 0–25 см. ПНС: 4 – 25–50 см; 5 – 0–25 см; 6 – >50 см.

ПНЗ: 7 – 25–50 см; 8 – 0–25 см. 3: 9 – 25–50 см; 10 – 0–25 см; 11 – 0–5 см.

Рис. 5. Циклограми гранулометричного складу (результати мокрого розсіву) породи відвалу шахти ім. М.Л. Рухимовича за експозиціями та глибинами:

Пн: 1 – >50 см; 2 – 25–50 см; 3 – 0–25 см. ПнС: 4 – 25–50 см; 5 – 0–25 см. ПнЗ: 6 – >50 см; 7 – 25–50 см; 8 – 0–25 см. З: 9 – 25–50 см; 10 – 0–25 см; 11 – 0–5 см

Сполуки $\text{Fe}_{(\text{II})}$ більш розчинні й рухливі, ніж сполуки $\text{Fe}_{(\text{III})}$. В анаеробних умовах $\text{Fe}_{(\text{III})}$ переходить у $\text{Fe}_{(\text{II})}$ з утворенням розчинних солей FeCO_3 , $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ і FeSO_4 , які не шкодять рослинам. У породі терикону недостатня кількість вільного кисню, тому в результаті біохімічних процесів утворювалося закисне залізо (10,6–30,4 мг/100 г). Високі концентрації сполук, що містять залізо у формах $\text{Fe}_{(\text{II})}$ і $\text{Fe}_{(\text{III})}$, є токсичними для рослин (порушується формування коренів і зростання). У зразках породи кількість рухомого алюмінію коливалася від 0,72 до 23,4 мг/100 г. Рослини починають погано рости при вмісті рухомого алюмінію понад 3–4 мг і гинуть при 7–8 мг на 100 г ґрунту. Щоб з'ясувати, яка кількість обмінного заліза й алюмінію є токсичною, визначався ступінь насиченості поглинаючого комплексу катіонами Ca^{2+} Mg^{2+} , бо легкорухливі форми обмінних катіонів є антагоністами елементів, що шкідливо впливають на рос-

Таблиця 7
Хімічний склад відвальної породи шахти ім. М.Л. Рухимовича

Експозиція	Глибина відбору, зразка, см	рН водне	рН сольове	N-NO ₃ , мг/кг	N-NH ₄ , мг/кг	Обмінна кислотність, мг-е/100г	Рухливий алюміній, мг-е/100 г	Закисне залізо, мг/100 г	Окисне залізо, мг/100г	Рухливі за Кірсановим, мг/кг				Поглинені за Пфферером, мг-е/100 г			
										P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Na	K		
Пн	0-25	4,2	3,75	20,9	182,4	1,22	0,86	4,4	33,5	195,8	7,0	5,06	1,26	0,16	0,42		
	25-50	4,3	3,9	27,5	177,6	1,06	0,88	4,7	36,1	210	6,0	3,0	1,05	0,18	0,30		
	> 50	4,2	3,75	27,5	152,7	1,3	1,14	4,4	35,1	186	7,2	3,0	1,02	0,18	0,31		
ПнЗ	0-25	4,9	4,35	3,8	66,4	0,56	0,52	5,6	36,5	80,6	8,3	11,9	1,36	0,37	0,74		
	25-50	4,45	4,05	5,0	63,0	1,3	1,26	6,2	64,6	110	8,0	22,1	2,04	0,77	0,45		
	> 50	5,7	5,1	6,9	56,6	0,06	0,06	13,0	48,6	120	9,4	20,3	2,02	0,81	0,43		
ПнС	0-25	4,95	4,3	11,5	102,2	1,06	0,96	2,7	7,0	250	66,8	3,5	12,7	0,13	1,22		
	25-50	5,55	4,7	36,3	73,4	0,2	0,14	10,6	18,4	255	54,6	2,5	2,5	0,69	0,96		
	> 50	4,9	4,25	18,2	56,6	0,82	0,74	7,3	29,0	225	64,8	2,4	2,3	0,47	1,02		

Таблиця 8
Склад поглинених катіонів у породі відвалів, мг-екв/100 г

Шахта	Поглинені катіони до й після рекультивації						
	Ca ²⁺		Mg ²⁺		K ⁺		Na ⁺
«Чорноморка»	12,9–19,2	6,2–10,3	7,0–22,0	1,0–4,0	1,2–7,2	0,1–0,3	0,2–3,8
Ім. М.Л. Рухимовича	2,5–4,0	3,0–22,1	6,6–12,7	1,0–2,0	1,07–1,3	0,2–0,8	0,2–0,6
							0,3–0,7

лини. Ступінь насиченості поглинаючого комплексу зазначеними катіонами становить 70–90% обмінної ємності. У таких умовах навіть велика кількість обмінного заліза й алюмінію не є небезпечною для рослин, оскільки при посиленому кальцієвому та магнієвому живленні в кислих ґрунтах териконів ускладнюється поглинання рослинами токсичних елементів. Валовий уміст загального азоту в породі становив 0,11–0,36%, тобто він був близьким до його величини в чорноземах; відносно великим був і валовий уміст фосфору (0,070–0,087). Забезпеченість рухомих фосфором і калієм ґрунтів недостатня для нормального росту рослин: кількість фосфору – 0,75–3,39, калію – 0,16–2,84 мг/100 г. Азот поглинається корінням у нітратній та аміачній формах. Уміст аміачного азоту в породі був 1,5–14,5 мг, нітратного – 1,6–2,19 мг/100 г, що було недостатньо для нормального росту деревних рослин.

Вивчення фізико-хімічних властивостей породи й результати озеленення териконів у 1985–1989 рр. дали змогу зробити висновок про природну родючість і придатність ґрунтів для вирощування культурних рослин за умови проведення заходів, спрямованих на зниження надлишкової кислотності й збалансованість поживних речовин.

Перед проведенням рекультивації й після неї (у 2002 р.) на обох відвалах проаналізовано породу на її насиченість поглиненими катіонами (таблиця 7).

На момент рекультивації відвали належали до кислого геохімічного класу, але мінеральна частина ґрунтів конічного відвалу шахти «Чорноморка» за сумою й умістом катіонів була близькою до ґрунтів лісостепу (темно-сірі лісові), мінеральна частина плаского відвалу шахти ім. М.Л. Рухимовича за вмістом кальцію була близькою до ґрунтів лісової зони, але за сумою катіонів (таблиця 8) її можна розташувати між ґрунтами лісової та лісостепової зон (рис. 7).

Якщо порівнювати насиченість відвальної породи основами до проведення рекультивації за експозиціями й рівень родючості схилів різних експозицій природних ґрунтів, то вже в мінеральній частині породи відвалів чітко проглядається залежність насиченості основами від експозиції. Дослідження поглинених катіонів, проведені у 2002 р., показали, що в ГПК терикону шахти «Чорноморка» відбулося різке зниження обмінних катіонів порівнянні з дорекультивацийним періодом, тоді як на пласкому відвалі шахти ім. М.Л. Рухимовича відбувся зворотний процес.

Рис. 6. Уміст поглинених катіонів (мг-екв/100 г) у зональних ґрунтах [16]:
1 – Степ; 2 – Лісостеп; 3 – Полісся

Результати спектрального аналізу породи обох відвалів, деревини висадженої акації білої та природної травної рослинності на відвалі шахти ім. М.Л. Рухимовича представлено в таблицях 9 і 10.

Восени 2019 р. (через 35 і 30 років, відповідно, після проведення біологічної рекультивації) виконано обстеження насаджень на териконі № 1 шахти «Чорноморка» та на пласкому відвалі шахти ім. М.Л. Рухимовича. Результати представлено у вигляді рис. 7–9 і статистичних показників, розрахованих за посібником [17] (таблиця 11–18, рис. 10, 11).

Рис. 7. Вигляд рекультивованого в 1985 р. відвалу № 1 шахти «Чорноморка» станом на жовтень 2019 р.

Рис. 8. 35-річні змішані лісонасадження на північній частині відвалу № 1 шахти «Чорноморка» (зліва) та насадження акації білої на хвостовій частині

Рис. 9. Обстеження 30-річних насаджень акації білої на відвалі шахти ім. М.Л. Рухимовича восени 2019 р.

Таблиця 11

Статистичні показники діаметрів 35-річних деревинних порід, що зростають на відвалі № 1 шахти «Чорноморка» (осінь 2019 р.)

Показники		Деревні породи		
		дуб черешчатий	акація біла	лох вузько-листяний
Середня арифметична, см	$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$	13,5	8,0	10,8
Дисперсія	$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}$	24,26	3,74	28,23
Квадратичне відхилення, см	$S = \sqrt{S^2}$	4,93	1,93	5,31
Коефіцієнт варіації	$V = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100\%$	36,4	6,2	39,3
Помилка середнього арифметичного, %	$S_{\bar{X}} \% = \frac{S_{\bar{X}}}{\bar{X}} \cdot 100\%$	7,20	4,95	9,81
Довірчий інтервал, см	$\bar{X} \pm t \cdot S_{\bar{X}}$	13,5±2,0	8,0±0,74	10,8±2,18

Таблиця 12

Перевірка однорідності даних за допомогою t-критерію Стьюдента

Показники	Деревні породи та значення показників		
	дуб черешчатий	акація біла	лох вузьколистяний
$X_{\text{ср.}}$	13,5	8,0	10,8
S (стандартне відхилення)	4,93	1,93	5,31
$X_n(\text{max})$	21,65	11,5	24,2
t_{ϕ}	1,65	1,81	2,5
t_t	2,06	2,05	2,06
Висновок (вид гіпотези)	H_0	H_0	H_1
$X_1(\text{min})$	6,37	3,31	3,85
t_{ϕ}	-1,45	-2,4	-1,3
t_t	2,06	2,05	2,06
Висновок (вид гіпотези)	H_0	H_0	H_0

Таблиця 13

Результати розрахунку коефіцієнта варіації, асиметрії та ексцесу

Деревна порода	$= \cdot 100\%$	$A = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^3}{n \cdot S^3}$	$E = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^4}{n \cdot S^4} - 3$
Дуб черешчатий	36,4	0,41	-1,43
Акація біла	6,2	-0,37	-0,54
Лох вузьколистяний	39,3	0,62	-0,33

Значення коефіцієнта варіації, асиметрії та ексцесу (див. таблицю 13) дають змогу висунути гіпотезу про відсутність підпорядкування діаметра дерев нормальному закону розподілу. Це не суперечить загальноприйнятим у лісівництві положенням і підтверджується за допомогою методу спрямлених діаграм (таблиця 14). На рис. 10 за даними таблиці 14 нанесені точки (Y_i ; u_{pi}): за віссю абсцис розташовуються значення Y_i , за віссю ординат – квантилі u_{pi} .

Таблиця 14

Визначення відносної накопиченої частоти та квантилів

№ з/п	Значення Y_i	Частоти n_i	Накопичені частоти $N_i = \sum_{r=1}^i n_r - \frac{1}{2}$	Відносні накопичені частоти $F^*(x_i) = \frac{N_i}{n}$	Відносні накопичені частоти, % $P_i = F^*(x_i) \cdot 100$	Квантилі u_{pi}
Дуб черешчатий						
1	6	1	0,5	0,02	2	-2,054
2	8	2	2,5	0,10	10	-1,282
3	9	2	4,5	0,17	17	-0,954
4	10	5	9,5	0,37	37	-0,332
5	11	4	13,5	0,51	51	0,025
6	12	1	14,5	0,56	56	0,151
7	14	2	16,5	0,63	63	0,332
8	16	1	17,5	0,67	67	0,440
9	18	1	18,5	0,71	71	0,553
10	19	1	19,5	0,75	75	0,674
11	20	3	22,5	0,87	87	1,126
12	21	2	24,5	0,94	94	1,555
13	22	1	25,5	0,98	98	2,054
Акація біла						
1	3	1	0,5	0,02	2	-2,054
2	5	1	1,5	0,05	5	-1,645
3	6	4	5,5	0,2	20	-0,842
4	7	2	7,5	0,27	27	-0,613
5	8	8	15,5	0,55	55	0,126
6	9	4	19,5	0,7	70	0,524
7	10	6	25,5	0,91	91	1,341
8	11	1	26,5	0,95	95	1,645
9	12	1	27,5	0,98	98	2,054
Лох вузьколистий						
1	4	4	3,5	0,14	14	-1,08
2	6	1	4,5	0,18	18	-0,915
3	7	2	6,5	0,26	26	-0,643
4	8	3	9,5	0,38	38	-0,305
5	9	1	10,5	0,42	42	-0,202
6	10	1	11,5	0,46	46	-0,1
7	11	3	14,5	0,58	58	0,202

Закінчення таблиці 14

№ з/п	Значення Y_i	Частоти n_i	Накопичені частоти $N_i = \sum_{r=1}^i n_r - \frac{1}{2}$	Відносні накопичені частоти $F^*(x_i) = \frac{N_i}{n}$	Відносні накопичені частоти, % $P_i = F^*(x_i) \cdot 100$	Квантілі u_{pi}
8	12	2	16,5	0,66	66	0,412
9	13	2	18,5	0,74	74	0,643
10	15	1	19,5	0,78	78	0,772
11	17	2	21,5	0,86	86	1,08
12	18	1	22,5	0,9	90	1,282
13	20	1	23,5	0,94	94	1,555
14	24	1	24,5	0,98	98	2,054

Рис. 10. Графічна перевірка відповідності даних із діаметра стовбура дуба черешчатого, акації білої та лоху вузьколистого нормальному закону розподілу

Статистичні параметри 30-річних насаджень акації білої, вирощених на схилах відвалу шахти ім. М.Л. Рухимовича, і перевірка однорідності вихідних даних представлено в таблицях 15 і 16. Значення коефіцієнта варіації V , асиметрії A та ексцесу E (45,2%, 0,87 і -0,46, відповідно) дають змогу висунути гіпотезу про відсутність підпорядкування діаметра дерев нормальному закону розподілу. Це підтверджується й методом спрямлених діаграм (рис. 13).

Таблиця 15

Статистичні показники діаметрів акації білої

Показники	Значення
Середня арифметична, см	10,6
Дисперсія	21,9
Середнє квадратичне відхилення, см	4,68
Коефіцієнт варіації	45,2
Помилка середнього арифметичного, см/%	0,85/90,0
Довірчий інтервал, см	10,6±1,73

Таблиця 16

Перевірка однорідності даних за допомогою t-критерію Стьюдента

Показники та їх значення		Показники та їх значення	
X_{cp}	10,6		
S (стандартне відхилення)	4,68		
$X_n(\max)$	24,8	$X_1(\min)$	4,5
t_{ϕ}	3,03	t_{ϕ}	-1,3
t_{τ}	2,04	t_{τ}	2,04
Висновок (вид гіпотези)	H_1	Висновок (вид гіпотези)	H_0

Рис. 11. Графічна перевірка відповідності діаметра акації білої на відвалі шахти ім. М.Л. Рухимовича закону нормального розподілу

Висновки і пропозиції. Способи озеленення й захисно-декоративного заліснення териконів вугільних шахт, розроблені в Українській сільськогосподарській академії та Донецькому ботанічному саду, показали себе в часі (30–35 років) як дуже ефективні. Підтвердженням цього є добрий стан лісових насаджень, досліджених восени 2019 р. на двох типових для Донбасу рекультивованих шахтних відвалах ПАТ «Лисичанськвугілля».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Смирный М.Ф., Зубова Л.Г., Зубов А.Р. Экологическая безопасность терриконовых ландшафтов Донбасса : монография. Луганск : ВНУ им. В. Даля, 2006. 232 с.
2. Зубова Л.Г. Терриконы, их утилизация и рекультивация : монография. Луганск : ВНУ им. В. Даля, 2008. 80 с.
3. Терриконы : монография / Л.Г. Зубова и др. Луганск : Ноулидж, 2015. 712 с.
4. Шалыт М.С., Костомаров В.И. Опытное озеленение терриконов Донбасса. *Доклады АН УССР*. 1950. Т. 5. С. 399–404.
5. Зражевський А.І. Родючість нерозвинених ґрунтів на териконах Донбасу і питання озеленення териконів. *Праці інституту лісівництва*. Київ : Вид-во АН УРСР, 1953. Т. 6. С. 120.
6. Кобезкий К.Д. Озеленить терриконы. *Строительство и архитектура*. 1957. № 9. С. 16–18.
7. Логгінов Б.І., Кірічек Л.С., Корецький Г.С. До добору деревних порід для захисно-декоративного заліснення териконів вугільних шахт Донбасу. *Наукові праці УСГА*. 1972. Вип. 64. С. 46–52.
8. Скорик В.Г. Опыт озеленения терриконов угольных шахт Донбасса : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Киев : УСХА, 1976. 29 с.
9. Логгінов Б.І., Киричек Л.С. Методические рекомендации по защитно-декоративному облесению терриконов угольных шахт Донбасса. Киев, 1978. 34 с.
10. Попа Ю.Н. Технология биологической консервации терриконов угольных шахт Донбасса. Киев : УСХА, 1991. 19 с.
11. Временные рекомендации по озеленению породных отвалов угольных шахт и обогатительных фабрик. Донецк : Донбасс, 1974. 20 с.
12. Бакланов В.И., Мазур А.Б. Внедрение рекомендаций по озеленению породных отвалов шахт и обогатительных фабрик Донбасса. Москва : ЦНИЭЛИУголь, 1978. 16 с.
13. Промышленная ботаника / под ред. В.И. Бакланова. Киев, 1980. С. 117–119.
14. Торба А.И., Зубова Л.Г., Чижикова О.А. Естественное плодородие терриконов. *Уголь Украины*. 1990. № 6. С. 24–25.
15. Логгінов Б.І., Зубова Л.Г. Создание биологически устойчивых лесонасаждений на террикониках. *Уголь Украины*. 1995. № 2. С. 36–38.
16. Довідник з агрохімічного та агроекологічного стану ґрунтів України / за ред. В.В. Медведєва. Київ : Урожай, 1994. 333 с.
17. Зубова Л.Г. Основы математической обработки экспериментальных данных : учебное пособие. Луганск : Ноулидж, 2013. 60 с.