

УДК 631.95

ДОСЛІДЖЕННЯ СУБСТРАТИВ ШАХТНОЇ ПОРОДИ НА ТЕРИКОНАХ ДОНБАСУ ДЛЯ ЇХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ

А.П. Дудкіна
науковий співробітник

Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН
(Україна, с. Гришине; e-mail: ann_dudkina@ukr.net)

Техногенні ландшафти у Донецькому регіоні займають площу понад 11 тис. га. Вони є техногенними зонами підвищеної екологічної небезпеки. Токсичні речовини, що мігрують з териконів, впливають на всі компоненти степових ландшафтів, змінюючи їх природні геохімічні особливості. Тому актуальною є науково-прикладна проблема поглибленого вивчення новостворених техноземів для подальшої розробки теоретичних та практичних основ відновлення териконів ландшафтів Донбасу до рівня природних з метою підвищення рівня екологічної безпеки навколишнього природного середовища та економічно доцільного використання рекультивованих територій у сільському господарстві.

Дослідження особливостей і тенденцій умов розвитку едафотопів з метою виявлення до розвитку нами було проведено на різних відвалах вугільних шахт, експлуатацію яких закінчено в 70-ті рр., за загальноприйнятими в агрохімії та екології методами. Методичну основу дослідження забезпечили такі методи: системний підхід, статистичний і порівняльний методи, методи аналізу і синтезу. Наведено порівняльні дані діагностики шахтної породи у 1975 р. з пробами 2017 р. За едафічними характеристиками шахтні породи є неродючими субстратами як для створення лісової рослинності, так і для використання в сільському господарстві. З часом вони децю поліпшують свій склад і властивості, однак ще довго залишатимуться неродючими субстратами.

Домінуючими на відвалах вугільних шахт Донбасу є складні рослинні угруповання на дернових ембріоземах, у яких відбувається поступове гумусонакоплення. Поступово частка гумусово-аккумулятивного ембріозему буде зростати. У процесі «старіння» відвалів відбувається нейтралізація кислих сполук та вимивання розчинних солей. Цьому сприяє низка чинників, у т.ч. переформування відвалів, нанесення ґрунтового шару, який «знімає» кислу реакцію середовища, посадка як деревних, так і трав'янистих рослин. В індустріальних умовах Донбасу, із збідненням, недостатнім для регенерації рослинним покривом, економічно рентабельною та екологічно безпечною є фіторекультивация, яка, крім сприяння збільшенню продуктивних земель, виконує ще санітарну та фітокомпенсаторну функції. Впровадження науково обґрунтованих економічних методів площинної рекультивации з метою повернення вилучених територій до сільськогосподарського виробництва сприяє покращенню екологічної ситуації та естетичному вигляду природних територій степової зони України.

Ключові слова: ландшафт, шахтні відвали, шлаки, техноземи, меліорація, едафотоп, ґрунт, родючість, екологія.

Постановка проблеми. Техногенні ландшафти у Донецькому регіоні займають площу понад 11 тис. га. Вони є техногенними зонами підвищеної екологічної небезпеки, де весь час проявляється напружена та критична екологічна ситуація, що нерідко внаслідок техногенних аварій набуває стану катастрофічної. Такі процеси у териконах зумовлено окисленням сульфідів, що входять до складу відвальних порід. Окислення супроводжується утворенням сірчаної кислоти та її з'єднань, горінням відвалів, міграцією шкідливих газів і пилу повітряним шляхом, а водним — ще й радіонуклідів і важких металів. Токсичні речовини, що мігрують з териконів, впливають на всі компоненти степових ландшафтів, змінюючи їх природні

геохімічні особливості. Одна ці зміни вивчено недостатньо [1].

З оглядом на вищевикладене, особливої актуальності набуває науково-прикладна проблема поглибленого вивчення новостворених техноземів для подальшої розробки теоретичних та практичних основ відновлення териконів ландшафтів Донбасу до рівня природних з метою підвищення рівня екологічної безпеки навколишнього природного середовища та економічно доцільного використання рекультивованих територій у сільському господарстві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У науковій літературі ХХ ст. сформувався нове поняття «техногенний ландшафт», яке тлумачилось у працях провідних вчених:

М.Л. Реви (1968, 1973); М.О. Бекаревича, М.Т. Масюка (1968, 1974); Л.В. Єстеревської (1973); В.П. Колесникова, Г.І. Пікалової (1974, 1976) та ін. Багатьма дослідниками створено різноманітні оригінальні класифікації техногенних ландшафтів (Тарчевський, 1964; Горбунов та ін., 1971; Чекліна, 1975; Рева, 1989; Федотов, 1985 та ін.).

Дослідження, орієнтовані, насамперед, на оцінку можливості використання породних відвалів у народному господарстві у рамках проектів з гасіння та рекультивації териконів, проводили такі науковці, як: Я.Ф. Канону, Ф.І. Ганопольський, С.А. Пелипенко.

Крім того, широко відомими є теоретичні розробки українських вчених з теорії фітомеліорації (Ю.П. Бяллович), степового лісорозведення (Г.М. Висоцький, О.Л. Бельгард, А.П. Травлєєв, В.М. Зверковський, О.М. Масюк), міської фітомеліорації (В.П. Кучерявий, О.О. Лаптев), фітомеліорації гірничопромислових відвалів (М. О. Бекаревич, М.Т. Масюк, В.О. Забалуєв, М.Л. Рева, Б.І. Логінов, Р.М. Панаєв, О.Г. Тараріко, А.Ф. Момот).

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Залишаються не розкритими питання економічної доцільності сільськогосподарської рекультивації та проектування ефективних моделей техноземів, які зможуть забезпечити стабільну врожайність, а головне, екологічність виробленої продукції.

Мета наукової праці — дослідити «еволюцію» едафотопів, які склалися на відвалах вугільних шахт, порівняти їх з отриманими результатами та визначити тенденції у розвитку едафотопів.

Матеріали та методи дослідження. Вивчення особливостей і тенденцій умов розвитку едафотопів нами було проведено на різних відвалах вугільних шахт, у межах Донецької області: «Ганзовка», № 6-14, «Юза», «Центрально-Заводська», «Заперевальна», ім. Леніна. Всі досліджувані нами відвали є старими, експлуатацію яких закінчено в 70-ті рр. минулого століття. На прикладі відвалу шахти № 6-14 продемонстровано, як з плином часу відбувається зміна показників рН, гранулометричного складу, вмісту водорозчинних солей та сухого залишку. Дослідження в умовах едафотопів значень рН, катіонно-аніонного складу водної витяжки, сухого залишку, гранулометричного складу проводили загальноприйнятими в агрохімії та екології методами [1-3], а саме: рН — потенціометричним методом на рН-метр; сухий залишок — випаруванням, а потім висушуванням при 105°C; хлориди — аргентометричним методом; бікарбонати — титруванням з сірчаною кислотою; суль-

фати — ваговим методом; катіони кальцію і магнію — комплексометричним методом; гранулометричний склад визначали просіюванням на ситах різного діаметра за класифікацією Н.А. Качинського (каміння — фракції більше 3 мм, гравій — 3-1 мм, дрібнозем — менше 1 мм).

Методичну основу дослідження становлять такі методи: системний підхід, статистичний і порівняльний методи, методи аналізу і синтезу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Техногенні екосистеми, що за висловом Б.П. Колесникова є закономірним результатом і наслідком цього процесу [4], є типовими для сучасної епохи, а й у низці регіонів зайняли домінуюче становище над природними ландшафтами. Винятком не є і Донбас. Територія Донбасу перебуває під антропогенним пресом, унаслідок чого первинні ландшафти або сильно трансформувалися, або змінилися антропогенними, карбонатними чи сірчано-кислими ландшафтами, що інтенсивно накопичують забруднюючі речовини [5; 6].

Відповідно до профільно-генетичної класифікації ґрунтів техногенних ландшафтів, розробленої лабораторією рекультивації ґрунтів Інституту ґрунтознавства та агрохімії СО РАН [7], виокремлено 4 типи ембріоземів, які можна ототожнювати зі стадіями розвитку едафотопів, розробленими співробітниками Донецького ботанічного саду: 1) ініціальний, основною ознакою якого є відсутність будь-яких органогенних горизонтів (такі ембріоземи, як підтверджують наші дослідження, спостерігаються або на недавно утворених відвалах, або на старих — у місцях осередків горіння); 2) органо-акумулятивний, основною ознакою якого є наявність підстилки (в місцях початкового заростання рослинами площі відвалів); 3) дерновий — з яскраво вираженою дерниною (такі ембріоземи є домінуючими на досліджуваних нами відвалах у місцях поселення популяцій трав'янистих і деревних рослин); 4) гумусово-акумулятивний — з наявністю гумусово-акумулятивного горизонту. Відповідно до цього, на ембріоземах на досліджуваних відвалах формуються рослинні угруповання таких стадій: піонерні — на ініціальних ембріоземах; прості рослинні — на органо-акумулятивних ембріоземах; складні — на дернових ембріоземах; замкнені спільноти — на гумусово-акумулятивних ембріоземах.

На свіжих териконах рослини довго не заселяються і не ростуть. Головними чинниками загибелі рослин є висока кислотність, наявність токсичних речовин у верхніх шарах породи. Тому з властивостей субстрату най-

важливішими індикаторами придатності для росту рослин на відвалах вугільних шахт є показник рН субстрату, ступінь засоленості та токсичності [8].

На відвалах вугільних шахт домінуючими часто є хрящуваті і кам'яністі фракції. Навіть на найстаріших відвалах фракції менше 1 мм рідко перевищують 30% [8]. Для кореневих систем рослин найважливішою умовою є наявність більшої кількості дрібнозему (частки менше 1 мм), оскільки саме ці частинки визначають майже всі важливі властивості субстратів — водні, повітряні тощо [9].

На прикладі відвалу шахти № 6–14 продемонстровано, що з часом відбувається зміна складу фракцій у поверхневому шарі породи. Так, частка кам'янистої породи зменшується, а гравійної і дрібнозему підвищується на всіх частинах досліджуваних відвалів (рис. 1–3).

Слід зауважити, що істотна зміна гранулометричного складу едафотопів спостерігається на ділянках відвалів, де відбувається заселення рослинами. Так, за початкового заселення едафотопів рослинами відносний уміст дрібнозему збільшувався порівняно з вершиною з 5 до 18% в середній частині і до 22,3% — у нижній частині відвалу. У місцях поселення популяцій рослин його частка збільшується до 55%. Найменша частка кам'янистої фракції була зафіксована в нижній частині схилу. Натомість у місцях відсутності рослин на досліджуваних відвалах кам'яниста частина фракції істотно домінує, її частка у складі породи істотно не змінюється з роками.

Актуальна реакція зразків породи, відібраних у 1975 р. (табл. 1), була дуже кислою, проте з роками значення рН значно підвищується, що важливо як для росту рослин, так і для освіти популяцій, оскільки на дуже кислих субстратах поселення і ріст рослин є неможливим.

Слід відзначити, що сезонні коливання актуальної кислотності едафотопу під впливом опадів свідчать про нестійкі динамічні властивості поверхневого шару породи, що може також відобразитися на зростанні рослин.

Відвали вугільних шахт — гетерогенні утворення, тому властивості субстрату значною мірою залежать від місця розташування тієї чи іншої ділянки едафотопу на відвалі. Зокрема, це стосується і показника реакції ґрунтового розчину (рН). Під час аналізу отриманих даних можна спостерігати наступні закономірності (табл. 2).

Для нижньої частини відвалу шахти № 6–14 (і досліджуваних едафотопів більшості відвалів) характерними є показники реакції ґрунтового розчину, близькі до нейтральної; для їх середньої частини в різних місцях відбору проб субстрату значення рН змінюється неістотно — у межах 6,5–7,2.

У процесі переформування і планування (вирівнювання) поверхні відвалу використовували лесові відклади, тому у деяких місцях спостерігається значення показника рН, яке не є природним для такого техногенного об'єкта, як відвал вугільної шахти (7,7–7,8), але

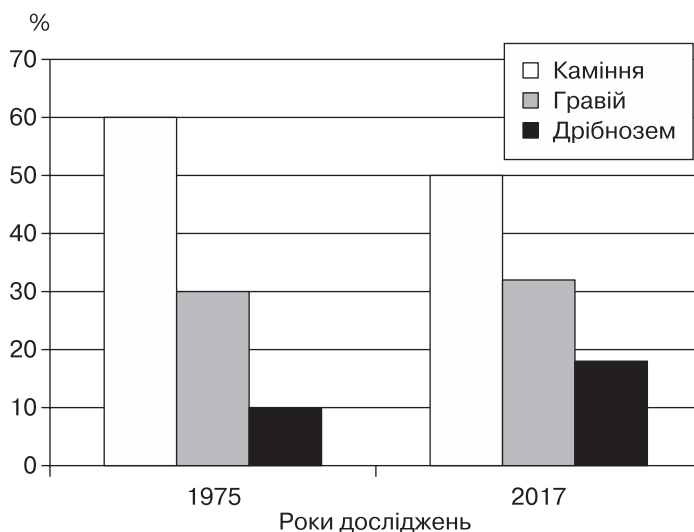


Рис. 1. Гранулометричний склад поверхневого шару породи відвалу вугільних шахт у динаміці (верхня частина схилу)

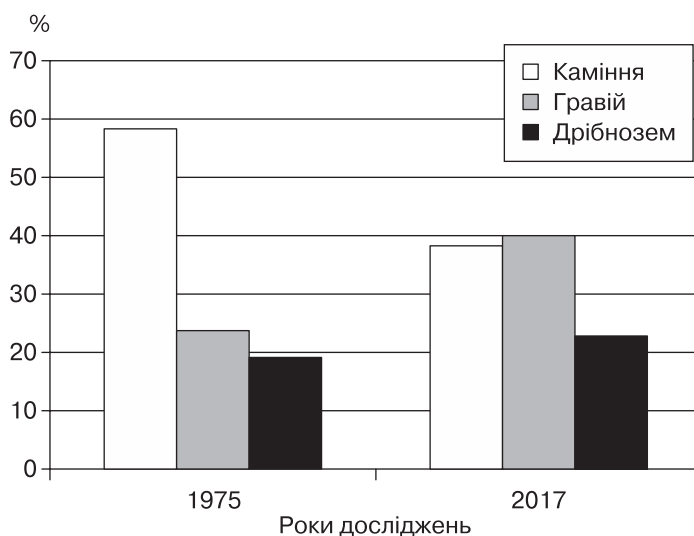


Рис. 2. Гранулометричний склад поверхневого шару породи відвалів вугільних шахт у динаміці (середня частина схилу)

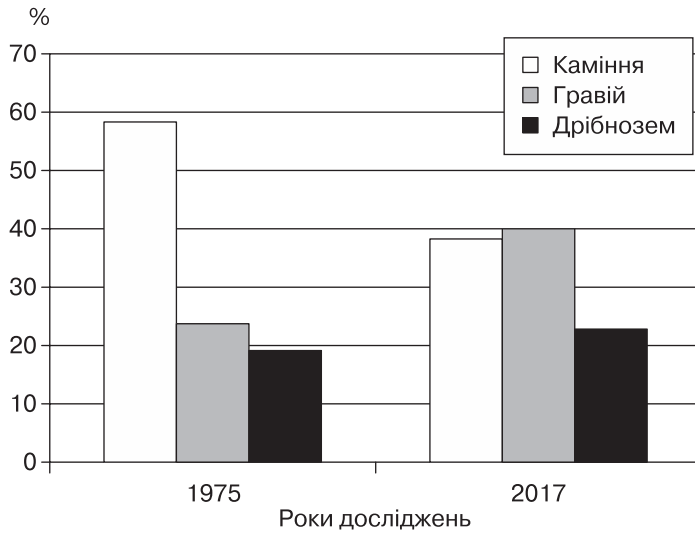


Рис. 3. Гранулометричний склад поверхневого шару породи відвалів вугільних шахт у динаміці (нижня частина схилу)

природним для зональних ґрунтів Донецького регіону (чорнозему звичайного). На ділянках, де на вершині відвалів збереглися осередки горіння, спостерігається сильно кисла реакція середовища (рН 3,8), натомість на всіх інших відвалах це значення варіює у межах 3–4 рН.

Також у своїх дослідженнях рівень рН, на нашу думку, обумовлено фітоіндикаційним значенням рослинності на відвалах вугільних шахт (табл. 3).

У нижній частині, де проявляється вплив сусідніх ґрунтів, значення рН може збільшуватися і ставати лужним. На відвалах шахт «Центрально-Заводська» і «Юза», як і на всіх досліджуваних відвалах, реєструється підвищення значення рН порівняно з відповідними у 80-х рр. Але незважаючи на це, а також на доволі значний час, що минув з дня припинення експлуатації відвалів, на їх вершинах («Центрально-Заводська», «Ганзовка» та ін.) досі залишаються осередки горіння. Площа під ініціальним ембріозом на відвалі шахти «Ганзовка» досі, навіть у середній частині терикону, залишаються ділянки з неживим субстратом та дуже низьким значенням рН. Близько до нейтрального зафіксовано значення рН на відвалі шахти ім. Леніна, де рослини утворюють стійкі популяції.

Для росту рослин в агрохімічному аспекті велике значення має ступінь засолення, вміст сухого залишку та катіонно-аніонний склад ґрунту. Незасолені ґрунти характеризуються

Таблиця 1

Зміна показника рН у поверхневому шарі едафотопу (0–20 см), сформованого із відвалів шахти № 6-14 (порівняння показників за 1975 і 2017 рр.)

Місце відбору проб	Показник рН		
	1975 р.	2017 р.	±
Південна експозиція, середина схилу	4,2±0,1	7,1±0,2	2,9
Південна експозиція, нижня частина схилу	4,5±0,2	6,7±0,1	2,2
Північна експозиція, середина схилу	3,9±0,1	6,7±0,1	2,8
Північна експозиція, нижня частина схилу	4,8±0,1	6,7±0,2	1,9

Таблиця 2

Сезонна динаміка значення рН на різних елементах рельєфу відвалу шахти № 6-14, 2017 р.

Місце відбору проб	Місяці			
	травень	квітень	червень	жовтень
Вершина, відсутність рослин	5,7	5,8	5,8	5,7
Вершина, поодинокі особини рослин	6,2	6,3	6,4	6,2
Вершина, популяції трав'янистих рослин	7,8	7,7	7,7	7,8
Середня частина, популяції трав'янистих рослин	7,0	7,2	7,1	7,1
Середня частина, насадження деревних рослин	6,6	6,7	6,8	6,5
Нижня частина, насадження деревних рослин	6,6	6,7	6,7	6,7

Сезонна динаміка значення рН на різних елементах рельєфу відвалу шахти № 6-14, 2017 р.

Місце відбору зразка породи	рН	Місце відбору зразка породи	рН
Відвал шахти «Заперевальна»		Відвал шахти «Центрально-Заводська»	
Популяції трав'янистих рослин, ближче до вершини	7,2	Насадження <i>Robinia pseudoacacia</i> L., середня частина	5,8
Окремі особини рослин, середня частина	6,4	Популяції трав'янистих рослин, середня частина	7,5
Популяції трав'янистих рослин, нижня частина		Відвал шахти «Ганзовка»	
Популяції деревних рослин, нижня частина	7,0	Популяції трав'янистих рослин, середня частина	6,9
Відвал шахти ім. Леніна		Насадження <i>Robinia pseudoacacia</i> L., середня частина	5,4
Популяції трав'янистих рослин, середня частина	6,9	Відвал шахти «Юза»	
Популяції деревних рослин, середня частина	6,8	Популяції трав'янистих рослин, середня частина	7,7
Популяції деревних рослин, нижня частина	7,3	Популяції деревних рослин, нижня частина	7,1

рівнем сухого залишку у межах 0,01–0,30%, засолені — перевищують 0,30% [1]. На ріст і розвиток рослин на засоленних субстратах негативно впливає не тільки кількісний уміст легкорозчинних солей, але і їх якісний склад. Іони сульфату не є токсичними, але у поєднанні зі значною кількістю іонів натрію і магнію можуть становити загрозу для рослин. Якщо іонів кальцію більше у водній витяжці, ніж іонів бікарбонатів, всі вони відносяться до нетоксичних солей. Іони карбонатів у поєднанні з іонами магнію і натрію є токсичними. Визначення сухого залишку в породі шахти № 6-14 свідчить, що цей показник варіює у межах 0,08–0,48 г/100 г породи. Найвищий уміст солей зафіксовано на вершині відвалу в районі осередків горіння (0,48 г/100 г), а також у місцях повної відсутності рослин або зростання їх поодинокими особин. У всіх досліджуваних відвалах вершина є більш засоленою, ніж їх середня і нижня частини (табл. 4).

Майже такі ж самі значення вмісту солей і катіонно-аніонного складу спостерігаються і на інших відвалах. Так, у складі едафотопу водорозчинні солі представлено, в основному, аніонами сульфатів (сульфати у всіх пробах переважали) і катіонами кальцію. Результати визначення умов едафотопу у місцях зростання рослин засвідчили, що найменший уміст солей спостерігається в нижній частині відвалів і в місцях трапляння популяцій деревних і трав'янистих рослин. На вершині, де рослини

утворюють популяції, умови також є сприятливими для їх росту.

Загалом слід зауважити, що домінуючими на відвалах вугільних шахт Донбасу є складні рослинні угруповання на дернових ембріоземах. Саме на цих ділянках відбувається поступове гумусонакопичення, і вже залежно від рослинних угруповань, частка гумусово-аккумулятивного ембріозему дедалі буде збільшуватися.

У процесі «старіння» відвалів відбувається нейтралізація кислих сполук та вимивання розчинних солей. Цьому сприяє низка чинників, зокрема: переформування відвалів, нанесення ґрунтового шару, який послаблює кислотну реакцію середовища, посадка як деревних, так і трав'янистих рослин. Значення рН у багатьох місцях відвалів (особливо в місцях зростання складних рослинних угруповань на дерновому ембріоземі) наближається до значень рН зональних ґрунтів. Едафотоп (ембріозем) у всіх місцях відвалів є не засоленним, за винятком місць осередків горіння, площа яких з часом стає меншою.

Звичайно, агрохімічний чинник є одним з важливих у формуванні рослинності, але існує багато інших чинників (розташування відвалу, висота, близькість до природної рослинності), які можуть впливати на формування та життєдіяльність популяцій рослин. Поки не відбудеться оптимізація значення рН і зниження сухого залишку фітотоксичних солей до не-

Аналіз водної витяжки субстрату гірської породи (шар 0–20 см) відвалу шахти № 6-14

Місце відбору проби	сухий залишок, г/100 г	Аніони, %/мг-екв/100 г			Катіони, %/мг-екв/100 г		
		НСО ₃ ⁻	СІ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺⁺ K ⁺
Вершина, район вогнища горіння	0,478	<u>0,006</u> 0,10	<u>0,018</u> 0,50	<u>0,280</u> 5,98	<u>0,045</u> 2,25	<u>0,006</u> 0,50	<u>0,088</u> 3,83
Вершина, поодинокі особини рослин	0,268	<u>0,030</u> 0,50	<u>0,032</u> 0,90	<u>0,105</u> 2,19	<u>0,040</u> 2,00	<u>0,003</u> 0,25	<u>0,031</u> 1,34
Вершина, відсутність рослин	0,298	<u>0,030</u> 0,50	<u>0,032</u> 0,90	<u>0,135</u> 2,74	<u>0,045</u> 2,25	<u>0,003</u> 0,25	<u>0,038</u> 1,64
Вершина, популяції трав'янистих рослин	0,154	<u>0,018</u> 0,30	<u>0,014</u> 0,40	<u>0,077</u> 1,60	<u>0,040</u> 2,00	<u>0,003</u> 0,25	<u>0,001</u> 0,05
Вершина, популяції деревних рослин	0,198	<u>0,018</u> 0,30	<u>0,004</u> 0,10	<u>0,110</u> 2,29	<u>0,045</u> 2,25	<u>0,003</u> 0,25	<u>0,005</u> 0,19
Середня частина, популяції трав'янистих рослин	0,103	<u>0,012</u> 0,20	<u>0,004</u> 0,10	<u>0,057</u> 1,19	<u>0,015</u> 0,75	<u>0,003</u> 0,25	<u>0,011</u> 0,49
Середня частина, популяції деревних рослин	0,084	<u>0,012</u> 0,20	<u>0,004</u> 0,10	<u>0,036</u> 0,75	<u>0,015</u> 0,75	<u>0,003</u> 0,25	<u>0,001</u> 0,05
Нижня частина, популяції трав'янистих рослин	0,168	<u>0,018</u> 0,30	<u>0,021</u> 0,60	<u>0,076</u> 1,58	<u>0,035</u> 1,75	<u>0,003</u> 0,25	<u>0,010</u> 0,48

критичних для існування рослин меж, вони не зможуть заселити той чи інший відвал.

Ступінь і швидкість формування ґрунтів на відвалах залежать від їх будови, рельєфу, властивостей ґрунту, умов зволоження, особливостей сучасного вивітрювання породи. Первинне заселення рослин, переважно, залежить від механічних і фізичних властивостей поверхневого шару порід, експозиції відвалу, тобто від основних едафічних умов, що обумовлюють закріплення та проростання насіння, яке потрапило на певний техногенний екотоп [8; 10; 11].

Щоб одержати повне уявлення про генетичні особливості ґрунтів, слід вивчення морфологічних ознак поєднати з дослідженням фізичних, хімічних і біологічних властивостей едафотопу. Оскільки шахтні породи басейну є значно дуже строкатими за своїми властивостями, складом, умовами зберігання, для аналізу водно-фізичних властивостей шахтних порід на території Донбасу ми відібрали зразки, які найчастіше трапляються у техногенних ландшафтах, і є для них найбільш характерними та типовими (табл. 5).

Отримані результати свідчать, що питома вага зразків шахтної породи варіює у межах

2,24–2,77 г/см³ і залежить від вмісту гумусу та мінералогічного складу. Для зональних ґрунтів цей показник становить 2,4–2,7 г/см³. Порівняно з ґрунтами, шахтні породи мають приблизно такі самі показники. Свіжі зразки породи порівняно з іншими виявились щільнішими, що свідчить про їх низьку лісопридатність. Встановлення рівня питомої ваги ґрунту необхідно для обчислення його пористості, проведення механічного аналізу. Питома вага є обернено пропорційною до вмісту органіки, тому перегоріла порода має вищі показники щільності (див. табл. 5, зразки 4 та 13).

Ґрунт як пористе тіло завжди має певну кількість великих і дрібних пор між твердими частками, заповнених водою та повітрям. Об'ємну вагу визначали в зразках із непорушеною будовою ґрунту. На величину об'ємної ваги впливає мінералогічний і механічний склад порід, їх структурність. Об'ємна вага шахтної породи варіює у межах 1,09–2,28 г/см³. Також вказаний показник є необхідним для обчислення порозності ґрунту та запасів речовин, що потребують рослини для свого росту й розвитку. Порозність — одна з найважливіших властивостей ґрунту, що обумовлює, в основному, водний і повітряний режими ґрунтів.

Аналіз водно-фізичних властивостей шахтних порід

№ проби*	Щільність складення, г/см ³	Щільність твердої фази, г/см ³	Загальна пористість, %	МГ, %	Вологість в'янення, %
1	2,28±0,10	2,74±0,03	16,79	2,66±0,02	3,56
2	1,97±0,39	2,30±0,02	14,35	6,44±0,03	8,63
3	2,14±0,11	2,60±0,03	17,69	4,44±0,04	5,95
4	1,85±0,09	2,77±0,03	33,21	4,32±0,02	5,79
5	1,26±0,06	2,65±0,02	52,45	5,09±0,02	6,82
6	1,09±0,09	2,39±0,02	54,39	5,43±0,03	7,28
7	1,14±0,02	2,43±0,03	53,09	5,43±0,02	7,28
8	1,98±0,12	2,37±0,04	16,46	6,08±0,03	8,15
9	1,85±0,13	2,24±0,02	17,41	6,01±0,02	8,05
10	2,01±0,23	2,34±0,02	14,10	4,83±0,02	6,47
11	1,81±0,08	2,25±0,02	19,56	5,78±0,03	7,75
12	1,96±0,12	2,64±0,03	25,76	1,92±0,03	2,57
13	2,11±0,04	2,70±0,02	21,85	1,51±0,02	2,02
14	2,09±0,17	2,59±0,03	19,30	1,97±0,03	2,64
15	1,17±0,09	2,28±0,03	48,68	6,27±0,02	8,40
16	2,13±0,03	2,71±0,04	21,40	4,38±0,03	5,87
17	2,19±0,11	2,75±0,3	20,36	2,93±0,02	3,93
18	2,23±0,07	2,66±0,3	16,16	2,67±0,02	3,58

*1 — проба з бункера шахти «Юза», представлена шахтною породою; зразки відібрані з розрізу ділянки № 1, варіант № 1: 2 — 0–10 см (шахтна порода світло-сіра, глиниста, суха, дрібнозерниста, пухка, 3 — 10–20, 4 — 20–30, 5 — 30–40, 6 — 40–50, 7 — 50–60, 8 — 60–70, 9 — 70–80 см; породи під насипним піском у варіанті № 2: 10 — 110–120 см, 11 — 120–130 см; породи із західного схилу дослідної ділянки (середня частина укусу борта, промоїни складені наносним матеріалом, рослинність — кущистий наземний, щучник дернистий): 12 — 0–3 см, 13 — 3–13, 14 — 13–22, 15 — 22–32, 16 — 40–50 см; 17 — свіжовідсипана порода (зберігання близько півроку з горизонту 0–30 см); 18 — функціонуючий відвал шахти «Юза» (схил з боку шахти, зберігалася порода близько трьох-чотирьох років).

Порозність шахтної породи є доволі низькою — 14,1–54,4%, до того ж вищі показники є характерними для зразків, розрихлених тривалими процесами самовільного окислення, та сучасного вивітрювання породи.

Уміст гігроскопічної вологи змінюється для різних зразків шахтної породи, варіюючи від 0,53 (зразок 14) до 2,49% (зразок 2). Максимальною гігроскопічною вологою називають найбільшу кількість вологи, яку може увібрати ґрунт за умови повного насичення повітря водяною парою (при відносній вологості 94%). Величина максимальної гігроскопічної вологи залежить від гранулометричного та мінералогічного складу ґрунту та кількості органічних речовин. Чим важчий ґрунт та чим більше в ньому гумусу, тим вищі його якісні показники.

Тривале зберігання породи збільшує її дисперсність, чим і пояснюється зростання максимальної гігроскопічної вологи. Вологість

зв'язання залежить від гранулометричного складу ґрунту, вмісту тонких мулистих часток. Для шахтних порід ця величина становить 2,02–8,63%, збільшуючись з глибиною. Як свідчать одержані результати, шахтні породи характеризуються несприятливими водно-фізичними властивостями — вони мають низьку порозність і незадовільну оструктуреність і в той же час велику об'ємну вагу. Низькі показники гігроскопічної вологи пояснюються незначним умістом доступних для рослин органічних речовин у шахтних породах. Лабораторні та польові дослідження засвідчують негативні властивості шахтних порід, дають можливість окреслити можливі шляхи їх оптимізації [12–15].

Значне варіювання складу та властивостей шахтних порід вказує на неоднорідність субстрату, зумовлену часом і місцем його видобування, умовами зберігання тощо. На підставі досліджень водно-фізичних особливостей від-

вальних субстратів, що визначають лісорослинні властивості штучних ґрунтів на ділянках рекультивації (питома вага, гігроскопічна та максимальна гігроскопічна волога, вологість зів'янення), можна стверджувати, що шахтні породи мають негативні характеристики негативними властивостями відповідних показників.

Поліпшення показників водно-фізичних і екологічних властивостей виявлено у зразках, які тривалий час перебувають на поверхні відвалу або у поверхневих шарах пологих відкосів. Це обумовлено дією атмосферної вологи, фізичних, хімічних і термічних процесів, які у сукупності визначають динаміку вивітрювання порід відвалів.

Відвали вугільних шахт — гетерогенні утворення, тому на території вивчених нами відвалів трапляються ділянки з повністю неживим субстратом або з початковим заростанням, але більшу частину їх площі займають складні угруповання рослин, акліматизованих до умов едафотопу (ембріоземів), що наближаються до властивостей зональних ґрунтів досліджуваного регіону. Однак їх частка на ділянці з гумусово-акумулятивним ембріоземом є незначною (5–7%). Найрозвиненішими в аспекті ґрунтоутворювального процесу є відвали шахт ім. Леніна, № 6-14 та «Юза».

На деяких відвалах, наприклад на відвалі шахти «Ганзовка», частка ініціального ембріозему є значною, і лише з середини відвалу починають формуватися складні рослинні угруповання з дерновим ембріоземом. Загалом слід зауважити, що домінуючими на відвалах вугільних шахт Донбасу є складні рослинні угруповання на дернових ембріоземах, де відбувається поступове гумусонакоплення. До того ж залежно від рослинних угруповань, частка гумусово-акумулятивного ембріозему з часом буде зростати. У процесі «старіння» відвалів відбувається нейтралізація кислих сполук та вимивання розчинних солей. Цьому сприяла низка чинників, у т.ч. переформування відвалів, нанесення ґрунтового шару, який нейтралізує кислоту реакцію середовища, посадка як деревних, так і трав'янистих рослин.

Значення рН у багатьох місцях відвалів (особливо в місцях зростання складних рослинних угруповань на дерновому ембріоземі) наближаються до значень рН зональних ґрунтів. Едафотоп у всіх місцях відвалів є незасоленим, за винятком місць осередків горіння, площа яких з часом зменшується. Умови едафотопу для досліджуваних відвалів є подібними. Їх, як уже підкреслювалося, здебільшого можна віднести до дернового ембріозему, іноді — до органо-акумулятивного, поодинокі — до гумусово-акумулятивного. Але рослинність, що

формується на відвалах, має значні відмінності. Звичайно, агрохімічний чинник є одним з найважливіших у формуванні рослинності, але є багато й інших (розташування відвалу, висота, близькість до природної рослинності), які також можуть впливати на формування популяцій рослин. Поки не відбудеться підвищення значення рН, зниження сухого залишку до межі, що є некритичною для існування рослин, вони не зможуть заселити той чи інший відвал. Але зважаючи на індустріальні умови Донбасу, де рослинний покрив є збідненим, недостатнім для регенерації, найбільш економічно рентабельною та екологічно безпечною є фіторекультивація, яка, крім функції збільшення продуктивних земель, відіграє ще санітарну та фітокомпенсаторну роль.

Впровадження науково обґрунтованих економічних методів площинної рекультивації з метою відновлення та повернення вилучених територій до сільськогосподарського виробництва сприяє покращенню екологічної ситуації та естетичного вигляду природних територій Степової зони України.

Висновки. Видобуток вугілля шахтним способом потребує вилучення значних площ землі для складування шахтної породи. Це зумовлює не лише зменшення угідь, придатних для господарського використання, але й погіршує екологічний стан довкілля. Водна та вітрова ерозія спричиняє поширення на значні території продуктів окислення шахтної породи, змінюючи природні умови ґрунтоутворення і ґрунтовикористання. За едафічними характеристиками, шахтні породи є неродючими субстратами як для створення лісової рослинності, так і для використання в сільському господарстві. З часом їх склад і властивості дещо поліпшуються, однак ще доволі тривалий період будуть залишатись неродючими субстратами. Домінуючими на відвалах вугільних шахт Донбасу є складні рослинні угруповання на дернових ембріоземах, в яких відбувається поступове гумусонакоплення. З часом частка гумусово-акумулятивних ембріоземів буде зростати. У процесі «старіння» відвалів відбувається нейтралізація кислих сполук та вимивання розчинних солей. Цьому сприяє низка чинників, у т.ч. переформування відвалів, нанесення ґрунтового шару, який нейтралізує кислоту реакцію середовища, посадка як деревних, так і трав'янистих рослин. В індустріальних умовах Донбасу зі збідненим, недостатнім для регенерації рослинним покривом, найбільш економічно рентабельною та екологічно безпечною є фіторекультивація, що сприяє збільшенню продуктивних земель і відіграє санітарну та фітокомпенсаторну роль.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
3. Почвы. Методы определения катионно-анионного состава водной вытяжки: ГОСТ 26423-85 — ГОСТ 26428-85. [Государственный стандарт от 1985-01-01]. М., 1985. 39 с.
4. Колесников Б.П., Махонина Г.Н., Чибрик Т.С. Естественное формирование почвенного и растительного покровов на отвалах Челябинского буроугольного бассейна // Растения и промышленная среда. 1976. Вып. 4. С. 70–122.
5. Іванчик В.П., Почтаренко В.І., Яковлев С.О. Еколого-геохімічна оцінка забруднення геологічного середовища. К.: Знання, 1996. 56 с.
6. Кондратюк С.М., Тарабрін В.П., Бакланов В.І. та ін. Промислова ботаніка / за ред. Е.Н. Кондратюка. К.: Наук. думка, 1980. 260 с.
7. Андроханов В.А., Клейковкин С.Ю., Госсен И.Н. Техноземы как антропогенно природные образования // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. С. 6–15.
8. Рубан В.С., Зверковський В.Н., Тупика Н.П. Екологічний моніторинг в системі лісової рекультивації порушених земель Західного Донбасу // Біомоніторинг лісових екосистем степової зони. Дніпропетровськ: ДГУ, 1992. С. 66–70.
9. Агрохимия: учебник / под ред. П.М. Смирнова, В.А. Петербургского. М.: Колос, 1975. 572 с.
10. Двуреченский В.Г. Особенности содержания гумуса в эмбриоземах техногенных ландшафтов Кузбасса // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: материалы Междунар. науч. конф. (Екатеринбург, 4–8 июня 2007 г.). Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. С. 185–192.
11. Махонина Г.И. Свойства пород промышленных отвалов Урала и их пригодность для биологической рекультивации // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: материалы Междунар. науч. конф. (Екатеринбург, июнь 2003 г.). Екатеринбург: УрРАН, 2003. С. 311–323.
12. Горлов В.Д. Рекультивация земель на карьерах. М.: Недра, 1981. 260 с.
13. Колесников Б.П., Моторина Л.В. Проблемы рекультивации земель // Природа. 1975. № 4. С. 61–69.
14. Курачев В.М., Андроханов В.А., Двуреченский В.Г. Теоретические основы рекультивации нарушенных земель Биологическая рекультивация нарушенных земель: матер. Междунар. совещ. (Екатеринбург, 2003). Екатеринбург: УрРАН, 2003. С. 239–247.
15. Моторина Л.В., Забелина Н.М. Рекультивация земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью. М.: Наука, 1968. 89 с.

Інформація про автора

Дудкіна Анна Павлівна — науковий співробітник відділу селекції та насінництва зернових і кормових культур, Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція Національної академії аграрних наук України (Україна, 85330, Донецька обл., Покровський р-н, с. Гришине, пр. Гагаріна, 1; e mail: ann_dudkina@ukr.net).

A.P. Dudkina
Researcher

Donetsk State Agricultural Science Station of NAAS
(Ukraine, Hryshyne; e-mail: ann_dudkina@ukr.net)

**INVESTIGATION OF SUBSTRATES OF MINE ROCKS ON THE TERRICONS
OF THE DONBASS FOR THEIR AGRICULTURAL RECULTIVATION**

Technogenic landscapes in the Donetsk region occupy an area of more than 11,000 hectares. They are technogenic zones of increased danger. Toxic substances migrating from waste heaps affect on all components of steppe landscapes, changing their natural geochemical features. The actual scientific-applied problem of in-depth study of the newly created technozems has arisen for the further development of theoretical and practical bases the restoration of the slagheaps landscapes of Donbas to the level of natural ones with the aim of raising the level of ecological safety of the environment and economically expedient use of recultivated areas in agriculture. The purpose of the scientific work is to investigate the «evolution» of the edaphotopes, which developed on the dumps of coal mines, to compare them with the results obtained and to determine the trends in the development of edaphotopes.

The study of the conditions for the development of edaphotopes was carried out on different dumps of coal mines, the exploitation of which was completed in the 1970s, according to methods common in

agrochemistry and ecology. The methodological basis of the study is the following methods: a systematic approach, statistical and comparative methods, methods of analysis and synthesis. The article compares the data diagnostics of the mine dumps in 1975 with the samples of 2017. According to the edaphic characteristics, the mine dumps are infertile substrates both for the creation of forest vegetation and for use in agriculture. Over time, they improve their composition and properties somewhat, but they will remain infertile substrates for a long time.

Dominant on the dumps of coal mines of Donbass are complex plant groups on sod embryos, in which gradual humus accumulation takes place. Over time, the percentage occupied by the humus-accumulative embryos will grow. During the «aging» of the dumps, the acid compounds are neutralized and the soluble salts are washed out. This was facilitated by many factors, including the reformation of dumps, the creating a layer of soil that «removes» the acid reaction of the environment, planting both woody and herbaceous plants. In industrial conditions of Donbass, where the vegetation cover is depleted and insufficient for regeneration, phytorecultivation is the most economically profitable and ecologically safe, which, besides the function of increasing productive land, plays a sanitary and phytocompensatory role. The introduction of scientifically based economic methods of land reclamation with the aim of returning the territories which was extracted to agricultural production contributes to the improvement of the ecological situation and aesthetics of the natural areas of the steppe zone of Ukraine.

Keywords: landscape, mine dumps, slagheaps, technozem, reclamation, edaphotop, soil, fertility, ecology.

REFERENCES

1. Arinushkina, E.V. (1970). *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Guidelines for the chemical analysis of soils]*. Moscow: Izd-vo MGU. 487. (In Russ.)
2. Vadjunina, A.F. & Korchagina, Z.A. (1986). *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv [Methods for studying the physical properties of soils]*. Moscow: Agropromizdat. 416. (in Russ.)
3. *Pochvy. Metody opredeleniya kationno-anionnogo sostava vodnoy vytyazhki: GOST 26423-85 — GOST 26428-85. [Soils. Methods for determining the cation-anionic composition of aqueous extract: State Standard 26423 — 26428:1985]*. (1985). Moscow. 39. (In Russ.)
4. Kolesnikov, B.P., Makhonina, G.N. & Chibrik, T.S. (1976). Estestvennoe formirovanie pochvennogo i rastitel'nogo pokrovo na otvalah Chelyabenskogo burougol'nogo basseina [Natural formation of soil and vegetation cover on the heaps of the Chelyabinsk brown coal basin]. *Rasteniya i promyshlennaya sreda [Plants and industrial environment]*, 4, 70–122. (In Russ.)
5. Ivanchik, V.P., Pochtarenko, V.I. & Yakovlev, E.O. (1996). *Ekoloho-heokhimichna otsinka zabrudneno-yu heolohichnoho seredovishcha [Ecological-geochemical assessment of the pollution of the geological environment]*. Kyiv: Znannya. 56. (In Ukr.)
6. Kondratyuk, Ye.M., Tarabrin, V.P., Baklanov, V.I. et al. (1980). *Promyslova botanika [Industrial botany] / Kondratyuk E.N. (Ed.)*. Kyiv: Nauk. dumka. (In Ukr.)
7. Androkhanov, V.A., Kleikovkin, S.Yu. & Gossen, I.N. (2007). Tekhnozemy kak antropogenno prirodnyye obrazovaniya [Technozems as anthropogenically natural formations]. *Biologicheskaya rekul'tivatsiya i mon'itoring narushenikh zemel [Biological reclamation and monitoring of land disturbances]*. 6–15. (In Russ.)
8. Ruban, V.S., Zverkovsky, V.N. & Tupika, N.P. (1992). Ekologichniy monitoring v systemi lisovoi rekul'tivatsii porushenih zemel Zahidnogo Donbasu [Ecological monitoring in the system of forest reclamation of disturbed lands of the Western Donbas]. *Biomonitoring v lisovykh ekosystemakh stepovoy zony [Biomonitoring of forest ecosystems of the steppe zone]*. 66–70. (In Ukr.)
9. Smirnov, P.M. & Petersburgsky, V.A. (Eds.). (1975). *Agrokimiya [Agrochemistry]*. Moscow: Kolos. 572. (In Russ.)
10. Dvurechensky, V.G. (2007), «Features of humus content in embriozems of technogenic landscapes of Kuzbass», *Materialy dokladov Mezhdunarodnoy nauchoy konferencii [Conference Proceedings of the International Scientific Conference]*, Mezhdunarodnaya Nauchnaya konferentsiya [International scientific conference], Yekaterinburg, Russia, pp. 185–192. (In Russ.)
11. Makhonina, G.I. (2003), «Properties of breeds of industrial dumps of the Urals and their suitability for biological reclamation», *Materialy dokladov Mezhdunarodnoy nauchoy konferencii [Conference Proceedings of the International Scientific Conference]*, Mezhdunarodnaya Nauchnaya konferentsiya [International scientific conference], Yekaterinburg, Russia, pp. 311–323. (In Russ.)
12. Gorlov, V.D. (1981). *Rekul'tivatsiya zemel' na kar'yerakh [Recultivation of lands in quarries]*. Moscow: Nedra. 260. (In Russ.)
13. Kolesnikov, B.P. & Motorina, L.V. (1975). Problemi rekultivatsii zemel [Problems of land reclamation]. *Priroda [Nature]*, 4, 61–69. (In Russ.)
14. Kurachev, V.M., Androkhanov, V.A. and Dvurechensky, V.G. (2003), «Theoretical bases of reclamation of disturbed lands», *Materialy dokladov Mezhdunarodnoy nauchoy konferencii [Conference Proceedings of the International Scientific Conference]*, Mezhdunarodnaya Nauchnaya konferentsiya [International scientific conference], Yekaterinburg, Russia, pp. 311–323. (In Russ.)

of the International Scientific Conference], Mezhdunarodnaya Nauchnaya konferentsiya [International scientific conference], Yekaterinburg, Russia, pp. 239–247. (In Russ.)

15. Motorina, L.V. & Zabelina, N.M. (1968). *Rekul'tivatsiya zemel', narushennykh gornodobyvayushchey promyshlennost'yu* [Recultivation of lands disturbed by the mining industry]. Moscow: Nauka. 89. (In Russ.)

Author

Dudkina Anna Pavlovna — Researcher of the Department of selection and seed-growing of grain and forage crops, Donetsk State Agricultural Science Station of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Ukraine, 85330, Donetsk region, Pokrovsk district, vlg. Grishine, 1 Gagarina ln.; e-mail: ann_dudkina@ukr.net).

УДК 581.5

ОСОБЛИВОСТІ ВОДОУТРИМНОЇ ЗДАТНОСТІ ЛИСТОВОГО АПАРАТУ ДЕНДРОФІТІВ В УМОВАХ УРБОСЕРЕДОВИЩА

Л.М. Тимошенко

завідувач лабораторії агролісомеліорації та лісових екосистем

Інститут агроекології і природокористування НААН
(Україна, м. Київ; e-mail: Lyudmila_Tymoshenko@bigmir.net)

У статті наведено результати досліджень щодо виявлення загальних тенденцій водоутримної здатності листового апарату у восьми найпоширеніших видів, що використовуються для потреб озеленення в м. Лубни. Найінтенсивніше досліджуваних показників виявлено в липні і серпні, що вірогідно зумовлено комплексом негативних чинників, таких як підвищена температура повітря, максимальний рівень забруднення атмосферного повітря тощо.

Виявлено більш інтенсивніше зниження водоутримної здатності дендрофітів: липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.), берези повислої (*Betula pendula* Roth.), клена гостролистого (*Acer platanoides* L.), гіркокаштана звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.), ялини колючої (*Picea pungens* Engelm.), сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), бузку звичайного (*Syringa vulgaris* L.), які зростали в несприятливих умовах. Ця тенденція є характерною для всіх видів, за винятком клена ясенелистого (*Acer pedunculatum* L.), у якого водоутримна здатність збільшувалася впродовж вегетації.

Виявлено види, що мають високі показники водоутримної здатності впродовж усього вегетаційного періоду, зокрема: сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), ялина колюча (*Picea pungens* Engelm.), береза повисла (*Betula pendula* Roth.), липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.) тощо, що свідчить про їх високу адаптаційну здатність до умов урбосередовища. Вказані види дендрофітів, їх форми і сорти є перспективними для розширення асортименту, що використовується для потреб озеленення, особливо на територіях з високою антропогенною напруженістю.

За результатами проведеного дослідження виявлено тісну взаємодію між показниками водоутримної здатності листя і ступеня забруднення місця зростання рослин. Також дослідження засвідчили, що водоутримувальна здатність клітин і тканин листового апарату може бути використана для виявлення несприятливих умов для деревних і кущових видів, у т. ч. зумовлених антропогенним забрудненням.

Ключові слова: дендрофіти, водоутримна здатність, вуличні насадження, міські парки і сквери, заміські насадження, адаптаційна здатність.

Постановка проблеми. Деревна, кущова і трав'яниста рослинність відіграють особливу роль у формуванні урбосередовища. Зелені насадження виконують санітарно-гігієнічну і декоративно-планувальну функції [1].

Загально відомо, що рослини зменшують концентрацію пилу і шкідливих газів у довкіллі, захищають від вітрів, виділяють леткі і не леткі сполуки, які знищують чи пригнічують хвороботворні організми. Насадження захищають