

## Особливості популяційної структури та морфологічна мінливість галофільних видів роду *Gypsophila* L. в техногенних екотопах

ОЛЕКСАНДР ЗАХАРОВИЧ ГЛУХОВ  
ГАННА ІВАНІВНА ХАРХОТА  
ІРИНА ВОЛОДИМИРІВНА АГУРОВА  
СВІТЛАНА ІГОРІВНА ПРОХОРОВА

ГЛУХОВ О. З., ХАРХОТА Г. І., АГУРОВА І. В., ПРОХОРОВА С. І., 2011: **Особливості популяційної структури та морфологічна мінливість галофільних видів роду *Gypsophila* L. в техногенних екотопах.** *Чорноморськ. бот. ж.*, Т.7, № 1: 15-25.

Досліджено особливості популяційної структури та морфологічної мінливості трьох галофільних видів роду *Gypsophila* L.: *G. paulii* Klokov, *G. perfoliata* L., *G. scorzonerifolia* Ser. в техногенних екотопах південного сходу України та Придніпров'я. Досліджені популяції є молодими, нормальними, в них тривають адаптаційні процеси, які виражаються у переважанні кількості молодих особин на вікових спектрах, низькій скорельованості та середній мінливості морфологічних параметрів. На організмовому рівні досліджені види в техногенних екотопах відрізняються фенотипічною пластичністю, яка проявляється у компенсаторному розвитку вегетативних та генеративних органів, що знаходить відображення не тільки в абсолютних значеннях параметрів ознак, але і при обчисленні коефіцієнтів дивергенції, варіації, а також класів віталітету в популяціях.

*Ключові слова:* галофіти, популяція, структура, мінливість, морфологічні ознаки, техногенні екотопи, *Gypsophila*

GLUKHOV O. Z., KHARKHOTA G. I., AGUROVA I. V., PROKHOROVA S. I., 2011: **Peculiarities in population structure and morphological variability of halophilic species of the genus *Gypsophila* L. in industrial ecotopes.** *Chornomors'k. bot. j.*, Vol. 7, № 1: 15-25.

Population structure and morphological variability of halophilic species *Gypsophila paulii* Klokov, *G. perfoliata* L. and *G. scorzonerifolia* Ser. have been investigated in industrial ecotopes in the south-east of Ukraine and in the region "Prydniprovje". The adaptation processes running in the populations results in predominance of young individuals in the age spectrum and in low correlation and low average variability of morphological characters. In the organism level, the investigated species distinguish by their phenotypic plasticities expressed in compensatory development of vegetative and generative organs. This is shown by absolute values of the features and also by calculated vitality classes of populations and coefficients of divergence and variation.

*Key words:* halophytes, population structure, variability, morphological features, industrial ecotopes, *Gypsophila*

ГЛУХОВ А.З., ХАРХОТА А.И., АГУРОВА И.В., ПРОХОРОВА С.И., 2011: **Особенности популяционной структуры и морфологической изменчивости галофильных видов рода *Gypsophila* L. в техногенных экотопах.** *Черноморск. бот. ж.*, Т. 7, № 1: 15-25.

Исследованы особенности популяционной структуры и морфологической изменчивости трех галофильных видов рода *Gypsophila* L.: *G. paulii* Klokov, *G. perfoliata* L., *G. scorzonerifolia* Ser. в техногенных экотопах юго-востока Украины и Приднепровья. Исследованные популяции являются молодыми, нормальными, в них продолжают адаптационные процессы, которые выражаются в преобладании

количества молодых особей на возрастных спектрах, низкой скоррелированности и средней изменчивости морфологических параметров. На организменном уровне исследованные виды в техногенных экотопах отличаются фенотипической пластичностью, которая проявляется в компенсаторном развитии вегетативных и генеративных органов, что находит отображение не только в абсолютных значениях параметров признаков, но и при вычислении коэффициентов дивергенции, вариации, а также классов виталитета в популяциях.

*Ключевые слова: галофиты, популяция, структура, изменчивость, морфологические признаки, техногенные экотопы, Gypsophila*

Сучасна діяльність людини, пов'язана із активним розвитком промисловості, супроводжується трансформацією природних ландшафтів, створенням глобальної мережі антропогенно трансформованих територій в усьому світі. Такі території нами умовно розділено на дві групи: 1) техногенні новоутворення, що мають неоедафотопи, в яких рослини формують первинні екотопи на новому субстраті, до таких ми відносимо відвали вугільних шахт, шлакові відвали, кар'єрно-відвальні комплекси відкритої розробки корисних копалин тощо; 2) техногенно перетворені, вторинні едафотопи яких формуються вже на переформованих субстратах (промислові майданчики заводів, залізничні насипи, узбіччя автодоріг).

Залежно від характеру спонтанного заростання первинних та вторинних едафотопів антропогенного походження можна діагностувати конкретні їх рослинні умови, тобто наявність чи відсутність екологічних факторів, що забезпечують ріст та розвиток рослин. Структурно-функціональні особливості угруповань в техногенних екотопах пов'язані з аероедафічними умовами техногенного середовища. Сумарний вплив змінених техногенезом екологічних факторів викликає збіднення субстратів на поживні речовини, надлишкове їхнє засолення та недостатню зволоженість, що сприяє поселенню на них рослин з відповідними екологічними вимогами – оліготрофів, галофітів, ксерофітів.

Результати багаторічного досвіду деяких зарубіжних країн свідчать про те, що солестійкі рослини надзвичайно перспективні для використання в екологічній реставрації та підвищенні продуктивності пасовищних земель [КОРОВИН, 1962; МОМОТОВ, 1973; АКЖИГИТОВА, 1982; ARONSON, 1985; KERNICK, 1986; НАГАЛЕВСКИЙ и др., 1989; ШАМСУТДИНОВ, 2000]. Для фіторекультивациі відвалів вугільних шахт та інших техногенних земель однією з найбільш перспективних груп рослин є солестійкі види [ПРОМЫШЛЕННАЯ ..., 1980; ХАРХОТА, 1989; ПРАВИЛА ..., 2007].

З 1970 р. в техногенних екотопах південного сходу України відмічено стрімке поширення деяких видів роду *Gypsophila* L., які в природі є ендемами прибережних зон Чорного та Азовського морів [ЕКОФЛОРА..., 2000-2004; ХАРХОТА и др., 1976, 1977]. За екоморфами ці види є галофітами, мезоксерофітами, оліготрофами, геліофітами, завдяки чому знаходять повну фітоєкологічну відповідність у техногенних екотопах з екстремальними для інших видів рослин умовами. Досліджено мінливість синантропних популяцій та фенотипічну пластичність деяких видів роду *Gypsophila* [БУРДА, 1997 а, б; ПРОХОРОВА и др., 2006]. Відмічено, що в умовах техногенних екотопів галофільні види роду *Gypsophila* є широко пластичними, відрізняються високою життєвістю та витривалістю, доведено, що вони є перспективними для біологічної рекультивациі техногенних земель та фітоіндикації стану техногенного середовища [ГЛУХОВ, 2010; ПАТ, 2008; ПАТ, 2009].

Але дані стосовно структури популяцій та морфологічної мінливості галофільних видів роду *Gypsophila* L. представлені у різних публікаціях і потребують узагальнення й систематизації для виявлення загальних закономірностей їхнього становлення, розвитку та структурно-функціональної організації в техногенних екотопах.

Метою нашої роботи було виявлення особливостей популяційної структури та морфологічної мінливості галофільних видів роду *Gypsophila* L. для встановлення механізму їхньої адаптації в техногенних екотопах.

### Матеріали та методи досліджень

Об'єктами дослідження були галофільні види роду *Gypsophila* – *G. paulii* Klokov, *G. perfoliata* L., *G. scorzonifolia* Ser. Детальні дослідження структури популяцій та морфологічної мінливості цих видів проводили в екотопах відвалів вугільних шахт, кар'єрно-відвальних комплексів, залізниць, проммайданчиків та шлакових відвалів металургійних та коксохімічних заводів південного сходу України та Придніпров'я. Відомості щодо їх поширення в техногенних екотопах проаналізовано та узагальнено за нашими багаторічними (1970 – 2010 рр.) спостереженнями з урахуванням гербарних (DNZ) і літературних даних [ХАРХОТА, 1976, 1977; БУРДА, 1997].

При вивченні популяційної структури видів використовували загальноприйняті в екології та фітоценології методи [ИЗУЧЕНИЕ ..., 1986; ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ ..., 1988]. Для кожної ценопопуляції обирались в середньому 15 – 20 облікових ділянок 1 м<sup>2</sup>. Щільність популяцій визначали як кількість особин, розраховану на одиницю площі. Дослідження структури і динаміки популяцій здійснювали в рамках еколого-демографічного підходу з визначенням вікової диференціації особин. Вікові групи визначали і виділяли за сукупністю морфологічних (якісних та кількісних) ознак. За основу взято методіку, розроблену Т. О. Работновим та доповнену О. О. Урановим [РАБОТНОВ, 1978; ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ ..., 1988]. Виділяли наступні вікові стани: проростки (р), ювенільні (j), іматурні (im), віргінільні (v), молоді генеративні (g<sub>1</sub>), зрілі генеративні (g<sub>2</sub>), старі генеративні (g<sub>3</sub>), субсенільні (ss), сенільні рослини (s).

При визначенні віталітетної структури використовували одномірний підхід, який заснований на оцінці віталітету кожної конкретної особини за однією ознакою. Такою ознакою, що достатньою мірою інтегрує віталітет, є один з морфометричних параметрів [ЗЛОБИН, 1989]. Для аналізу віталітету нами було обрано: довжину мономера, кількість мономерів, індекс листової поверхні, кількість насінин у коробочці.

Для кожного виду вимірювали такі показники морфологічних ознак: А – довжина суцвіття, см; В – кількість листків на рослину, шт.; С – кількість мономерів на пагоні, шт.; D – довжина пагону, см; Е – довжина мономера, см; F – ширина листка, см; G – довжина листка, см; Н – розташування найширшої частини листка, см; I – вага суцвіття, г; К – кількість коробочок на рослину, шт.; J – кількість насінин у коробочці, шт.; L – довжина коробочки, мм; М – ширина коробочки, мм; N – кількість квіток на рослину, шт.

Для кожної ознаки із усіх ценопопуляцій обчислено показники центральної тенденції ознаки: середнє та похибка середнього ( $M \pm m$ ), найбільше (Max) і найменше (Min) значення; показники мінливості: середньоквадратичне відхилення ( $\sigma$ ), дисперсія ( $\sigma^2$ ), коефіцієнт варіації (CV) і показники форми розподілу: асиметрія (А), ексцес (Е); а також коефіцієнт дивергенції ознак (КД), запропонований С. Р. Царапкіним [ШМИДТ, 1984].

Для оцінки рівня взаємообумовленості в системі морфометричних ознак, які відображають віталітет особин, був розрахований індекс морфологічної цілісності Ю. А. Злобіна (у вигляді відношення кількості статистично істотних зв'язків ( $P < 0,05$  %) в кореляційній матриці до їх загальної кількості), який дозволяє оцінювати цілісність особин за екологічними і ценотичними градієнтами [МИРКИН и др., 1989].

Як контрольні були досліджені еталонні популяції видів в спонтанних рослинних угрупованнях поблизу відвалів та в екологічно чистих умовах національного природного парку «Меотида».

### Результати досліджень

Виявлено загальні риси морфологічної будови та стратегії трьох галофільних видів роду *Gypsophila* L., що надають змогу їм існувати навіть у фітотоксичних умовах техногенних екотопів. Структурна організація цих видів типово галоксероморфна: глибоке проникнення міцної кореневої системи, соковита м'ясиста (у видів *G. paulii* та *G. perfoliata* розпростерта або типу «перекоти-поле») надземна частина, у *G. perfoliata* опушення усіх частин рослини. Пристосування даних видів до умов засолення здійснюється через соленакопичення, тобто за цією ознакою вони належать до еколого-фізіологічної групи соленакопичувачів або гіпергалофітів. Рослини цієї групи добре ростуть та розвиваються тільки за наявності у субстраті визначеної кількості хлоридів та сульфатів, які вони накопичують у своєму тілі.

Ці види є піонерами первинних неоедафотопів техногенних земель, вони активно займають вільну від інших видів рослин територію, проте не спроможні витискувати конкурентів та проникати у напівприродні угруповання. Разом з такою низькою конкурентоспроможністю для них характерні значні ценотичні можливості, за стратегією модельні види є вираженими віолентами (домінантами), а за активністю – прогресивними. Зайнявши свою екологічну нішу, вони міцно утримуються там завдяки своїм біоекологічним особливостям та не заміщуються з часом іншими рослинними угрупованнями, як це властиво деяким інвазійним піонерним видам (*Ambrosia artemisiifolia* L., *Iva xanthiifolia* Nutt., *Conyza canadensis* (L.) Cronq. та інші).

Порівняння популяцій трьох видів роду *Gypsophila* за віковою структурою в умовах шлакового відвалу показало, що за етапами становлення та розвитку популяції усіх досліджуваних видів є нормальними неповночленими, тобто такими, що не залежать від занесення зачатків ззовні та здатні до самопідтримання (рис. 1).

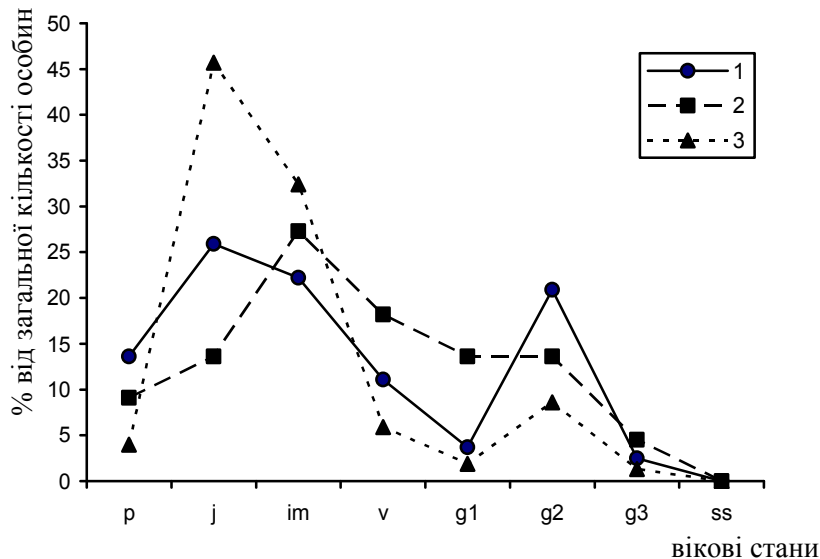


Рис. 1. Вікова структура популяцій галофільних видів роду *Gypsophila* L. в умовах шлакового відвалу: 1 – *Gypsophila scorzonerifolia* Ser., 2 – *Gypsophila perfoliata* L., 3 – *Gypsophila paulii* Klokov.

Fig. 1. The age structures of populations of halophilic species of the genus *Gypsophila* L. under the conditions of a slag-heap: 1 – *Gypsophila scorzonerifolia* Ser., 2 – *Gypsophila perfoliata* L., 3 – *Gypsophila paulii* Klokov.

Для них характерна неповночленність та переважання молоді частини спектру через утворення великої кількості сходів (це переважання найбільш помітно у *G. perfoliata* та *G. paulii*. У *G. scorzonerifolia* кількість особин вікових станів g<sub>2</sub> та j практично однакова, а у *G. paulii* найбільша кількість ювенільних особин). Але незважаючи на неповночленність популяцій, велика кількість утворених сходів забезпечує поповнення

молодої частини спектру. За збільшенням часу існування ценопопуляцій в техногенних екотопах досліджені види ранжуються наступним чином: *G. paulii* → *G. perfoliata* → *G. scorzonerifolia*.

Порівняльний аналіз вікової структури популяцій *G. scorzonerifolia* в різних техногенних екотопах представлено на рисунку 2. За віковою структурою всі популяції належать до нормальних неповночлених. В популяції відвалу вугільної шахти спостерігається дуже велика кількість проростків, які потім переходять в наступні вікові стани. На проммайданчику Донецького металургійного заводу (ДМЗ) та на шлаковому відвалі у віковій структурі популяцій переважає молода частина спектру (ювенільні та іматурні особини), але процент генеративних особин в другому випадку є більшим. Відсутність особин сеньільної стадії пов'язана з невідповідними умовами для сеньільної партикуляції.

Найбільша щільність особин в популяціях *G. scorzonerifolia* спостерігалась в екотопах на території ДМЗ ( $31,4 \pm 6,0$  шт.) та на території відвалу шахти «6-14», на території шлакового відвалу ДМЗ щільність була невеликою і складала усього в середньому 5,3 особин на  $1 \text{ м}^2$ . Це може пояснюватись несприятливими для зростання рослин агрохімічними й фізичними властивостями шлакового відвалу: безгумусність, безструктурність субстрату, інтенсивна інсоляція, висока температура, дефіцит вологи тощо. Проте, загальна площа розповсюдження цього виду в даних умовах досить велика та складає біля  $100 \text{ м}^2$ . Рослини *G. scorzonerifolia* розповсюдились по всій території і зростають навіть в тих умовах (круті схили, сильна кам'янистість субстрату), де жоден інший вид рослин не зростає.

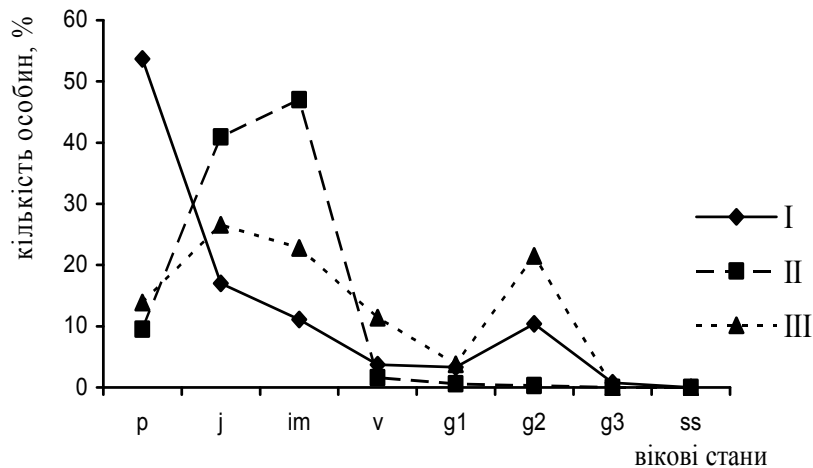


Рис. 2. Вікова структура популяцій *Gypsophila scorzonerifolia* Ser. в екотопах різних техногенних територій: 1 – відвал вугільної шахти, 2 – проммайданчик металургійного заводу, 3 – шлаковий відвал металургійного заводу.

Fig. 2. The age structure of populations of *Gypsophila scorzonerifolia* Ser. in the ecotopes of different technological areas: 1 – slag-heap, 2 – metal works industrial area, 3 – metalworks slag-heap.

Площа ділянки, де розповсюджена популяція в умовах проммайданчику, є невеликою (близько  $10 \text{ м}^2$ ) і, судячи з вікового спектру, вона є найбільш молодого, у зв'язку з великою кількістю утвореного насіння (як показали наші дослідження) це дає можливість закріпленню більшої кількості особин молодого частини спектру і згодом, при відсутності вкрай несприятливих факторів, площа розповсюдження даної популяції може збільшитись.

Найбільш процвітаючими є популяції *G. scorzonerifolia* в екотопах відвалу вугільної шахти «6-14». Умови екотопів даного відвалу є найбільш сприятливими, порівняно з іншими досліджуваними техногенними ділянками. Даний відвал є «старим», агрохімічні показники субстрату сприятливі для поселення та зростання рослин, стадія масового поселення рослин замінюється наступною стадією збільшення видового складу та наближення рослинності до напівприродної. Популяції *G.*

*scorzonerifolia* розповсюджені як на верхівці, так і на схилах відвалу, коефіцієнт зустрічальності є рівномірно високим (до 90 – 100 %).

Разом з тим при порівнянні досліджуваних популяцій *G. scorzonerifolia* за величиною дивергенції морфометричних ознак в них, показано, що популяція *G. scorzonerifolia* в екотопах північної експозиції відвалу вугільної шахти «6-14» найбільше відрізняється від стандартної (КД = 24,21), що, ймовірно, обумовлено неоднорідністю мікроумов, які складаються на відвалі (рис. 3). Особливо перевищують стандартні значення нормовані відхилення ознак Е (довжина мономеру), F (ширина листка), Н (розташування найширшої частини листка). В популяціях з інших техногенних екотопів за коефіцієнтом дивергенції структура є схожою, вирізняються ознаки D (довжина пагону) та Е в бік зменшення від стандарту. Популяція з верхівки відвалу «6-14» відрізняється від контролю найменше (КД = 3,2). Коефіцієнт дивергенції популяцій зі шлакового відвалу ДМЗ та відвалу шахти «Ганзовка» має значення 6,6 та 4,1 відповідно.

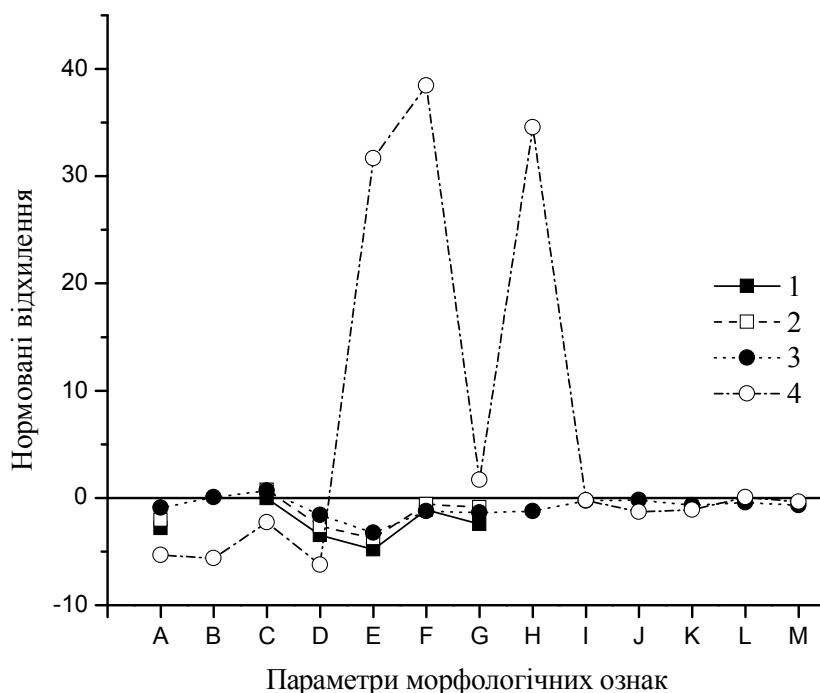


Рис. 3. Нормовані відхилення морфологічних ознак *Gypsophila scorzonerifolia* Ser. в техногенних екотопах на південному сході України: на осі абсцис параметри морфологічних ознак: 1 – шлаковий відвал ДМЗ, 2 – відвал вугільної шахти «Ганзовка», 3 – відвал вугільної шахти «6-14», верхівка, 4 – відвал вугільної шахти «6-14», північна експозиція.

Fig. 3. Normalized deviation of morphological features of *Gypsophila scorzonerifolia* Ser. in industrial ecotopes in the south-east of Ukraine: the parameters of morphological features on the x-axis: 1 – slag-heap of Donetsk metallurgical plant; 2 – dump of the coal mine “Hanzovka”; 3 – heap of the coal mine “6-14”, the top; 4 – heap of the coal mine “6-14”, northern exposure.

Спектр диференціації особин за розміром і елементами їхньої морфологічної структури розкриває зовнішні відмінності особин одна від одної. Для цілей фітоіндикації важливе значення мають абсолютні значення морфологічних ознак рослин в популяціях, в першу чергу тому, що розміри особин є характеристикою тих екологічних умов, в яких вони розвиваються і живуть. Середні значення та морфологічна мінливість деяких ознак видів роду *Gypsophila* в техногенних екотопах наведено у таблиці 1.

Загальною закономірністю морфологічної мінливості, що притаманна всім трьом дослідженим видам в техногенних екотопах, порівняно з контролем, є зменшення абсолютних значень довжини пагону та довжини мономеру. Спостерігається також збільшення кількості пагонів, тоді як їхня висота, в середньому, навпаки, зменшується.

Разом з тим збільшується показник кількості мономерів на рослину. У *G. perfoliata* спостерігали й зворотний зв'язок цих ознак – збільшення довжини мономерів при зменшенні їхньої кількості. При зростанні в умовах постійного щорічного тривалого антропогенного стресу, наприклад, *G. paulii* на едафотопах шлакового відвалу ДМЗ, може спостерігатись загальне зменшення розмірів усіх частин рослинного організму (кількість мономерів, їхня довжина, довжина пагону та суцвіття).

Встановлено, що з погіршенням умов зростання у *G. perfoliata* зменшується розмір листової пластинки (її довжина та ширина), але видовженість листка зростає (збільшується відношення довжини до ширини листка та, одночасно, зменшується розташування найширшої частини листка). Тоді як для *G. paulii* помічено зменшення як розміру, так і видовженості листка в несприятливих умовах.

Виявлено, що найбільша мінливість ознак спостерігалась у вивчених популяціях *G. scorzonifolia* в ектопах шлакових відвалів та промайданчика ДМЗ. Найменша – *G. paulii* та *G. perfoliata* на шлакових відвалах ДМЗ. Найбільша мінливість серед всіх ознак спостерігалась за кількістю квіток та шириною листків; найменша – за кількістю мономерів, довжиною стебла та показником видовженості листка.

Таблиця 1  
Морфологічна мінливість деяких ознак популяцій галофільних видів роду *Gypsophila* L. в техногенних ектопах

Table 1  
Variability in selected morphological features among populations of halophilic species of the genus *Gypsophila* L. in industrial ecotopes

Вид, місце зростання*	Ознака						
	C	E	G	F	D	A	N
1	$\frac{10,5 \pm 0,71}{26}$	$\frac{2,48 \pm 0,13}{44}$	$\frac{4,73 \pm 0,28}{45}$	$\frac{1,02 \pm 0,06}{45}$	$\frac{29,23 \pm 3,95}{38}$	$\frac{32,19 \pm 3,94}{35}$	$\frac{420 \pm 64}{43}$
2	$\frac{12,91 \pm 0,48}{12}$	$\frac{2,25 \pm 0,06}{16}$	$\frac{3,24 \pm 0,07}{13}$	$\frac{1,27 \pm 0,06}{27}$	$\frac{39,33 \pm 1,28}{8}$	$\frac{41,83 \pm 1,7}{1}$	$\frac{895 \pm 145,1}{4}$
3	$\frac{61,25 \pm 4,87}{16}$	$\frac{1,80 \pm 0,18}{20}$	$\frac{5,15 \pm 0,06}{2}$	$\frac{1,55 \pm 0,16}{20}$	$\frac{26,9 \pm 3,85}{14}$	$\frac{37,80 \pm 4,62}{25}$	$\frac{794 \pm 362,17}{91}$
4	$\frac{11,81 \pm 0,23}{8}$	$\frac{3,66 \pm 0,23}{42}$	$\frac{7,39 \pm 0,42}{33}$	$\frac{1,26 \pm 0,07}{31}$	$\frac{41 \pm 2,0}{15}$	$\frac{41 \pm 0,69}{5}$	$\frac{439,8 \pm 89,1}{40}$
5	$\frac{16,54 \pm 3,46}{20}$	$\frac{2,57 \pm 0,1}{34}$	$\frac{3,23 \pm 0,07}{14}$	$\frac{0,99 \pm 0,03}{19}$	$\frac{40 \pm 3,19}{18}$	$\frac{36,6 \pm 4,18}{25}$	$\frac{333,2 \pm 111,9}{82}$
6	$\frac{10,0 \pm 0,41}{10}$	$\frac{6,13 \pm 0,82}{52}$	$\frac{8,15 \pm 0,36}{22}$	$\frac{1,80 \pm 0,11}{29}$	$\frac{48,90 \pm 3,2}{19}$	$\frac{125 \pm 13,23}{21}$	$\frac{1517 \pm 312,5}{62}$
7	$\frac{11,21 \pm 0,37}{17}$	$\frac{3,56 \pm 0,09}{47}$	$\frac{6,81 \pm 0,08}{28}$	$\frac{1,22 \pm 0,02}{38}$	$\frac{40,55 \pm 1,75}{23}$	$\frac{46,62 \pm 2,86}{32}$	$\frac{382,33 \pm 12,71}{13}$
8	$\frac{10,58 \pm 0,48}{16}$	$\frac{5,92 \pm 0,42}{80}$	$\frac{7,47 \pm 0,15}{28}$	$\frac{1,46 \pm 0,03}{35}$	$\frac{62,83 \pm 2,78}{15}$	$\frac{64,42 \pm 3,28}{17}$	$\frac{511,82 \pm 43,47}{28}$

Примітки: над рискою наведено значення  $M \pm m$ , під рискою – CV, %; 1 – *G. scorzonifolia*, шлаковий відвал ДМЗ; 2 – *G. paulii*, шлаковий відвал ДМЗ; 3 – *G. perfoliata*, шлаковий відвал ДМЗ; 4 – *G. scorzonifolia*, відвал шахти «Ганзовка»; 5 – *G. paulii*, ДМЗ; 6 – *G. scorzonifolia*, ДМЗ; 7 – *G. scorzonifolia*, відвал шахти «6-14»; 8 – *G. scorzonifolia*, контроль; розшифровку символів ознак наведено у розділі «Матеріали та методи досліджень».

Мінливість розмірних ознак неоднорідна в популяції (розмірна структура популяції, якщо враховується один показник особин популяції, або віталітетна – при врахуванні комплексу параметрів) та може відбивати нерівноцінність ростових і продукційних процесів, ефективність використання ресурсів місцезростання, стійкість до різних стресових впливів, адаптивні процеси в ній [ЖИЛЯЕВ, 2005]. При популяційному аналізі необхідна не тільки загальна оцінка життєздатності, віталітету

кожної особини, але і ранжування особин за рівнем віталітету. Нами було проаналізовано розмірну структуру досліджених популяцій видів роду *Gypsophila* за деякими морфометричними ознаками (рис. 4).

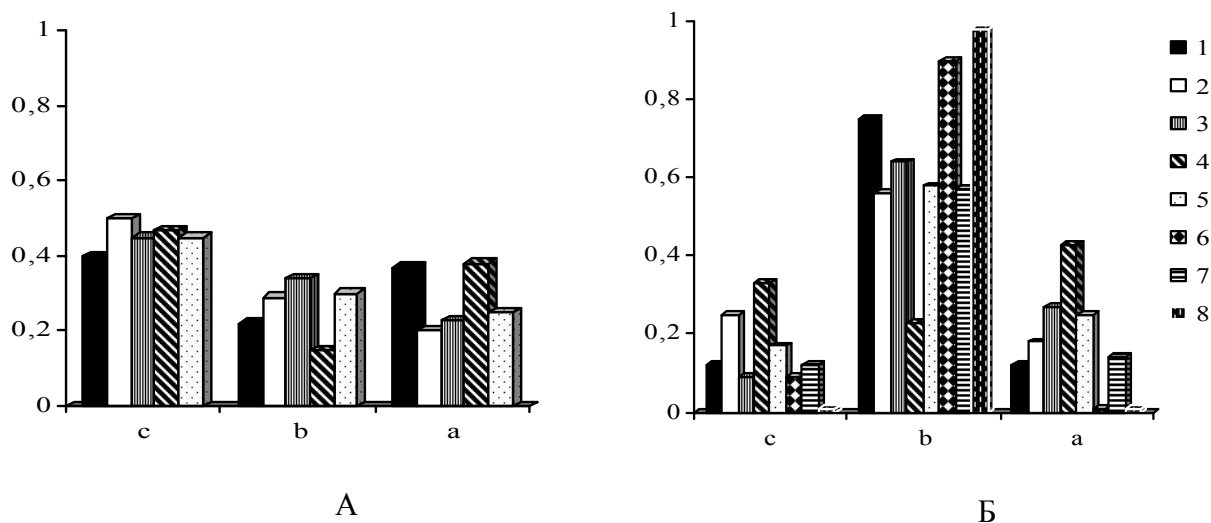


Рис. 4. Розмірна структура популяцій галофільних видів роду *Gypsophila* за деякими морфометричними ознаками в техногенних екотопах: А – довжина мономеру, Б – кількість мономерів; 1 – *G. scorzonifolia* – шлаковий відвал, 2 – *G. scorzonifolia* – відвал вугільної шахти «Ганзовка», 3 – *G. paulii* – шлаковий відвал, 4 – *G. scorzonifolia* – відвал вугільної шахти «6-14», 5 – *G. scorzonifolia* – контроль, 6 – *G. paulii* – проммайданчик, 7 – *G. scorzonifolia* – проммайданчик, 8 – *G. perfoliata* – проммайданчик.

Fig. 4. Size structures of some morphological characters in *Gypsophila* populations in industrial localities: А – length of the monomers; В – numbers of monomers; 1 – *G. scorzonifolia* – slag-heap, 2 – *G. scorzonifolia* – heap of the coal mine «Hanzovka», 3 – *G. paulii* – slag-heap, 4 – *G. scorzonifolia* – heap of the coal mine «6-14», 5 – *G. scorzonifolia* – control, 6 – *G. paulii* – industrial area, 7 – *G. scorzonifolia* – industrial area, 8 – *G. perfoliata* – industrial area.

За довжиною мономеру усі популяції вивчених видів виявились депресивними. За ознакою індекс листкової поверхні популяції *G. scorzonifolia* на шлакових відвалах ДМЗ та відвалі шахти «6-14», а також популяції *G. paulii* на шлакових відвалах ДМЗ та проммайданчику ДМЗ, *G. perfoliata* на шлакових відвалах ДМЗ є депресивними, а популяції *G. scorzonifolia* на ДМЗ та відвалі шахти «Ганзовка», *G. perfoliata* на шлакових відвалах ДМЗ є процвітаючими. За ознакою кількість насінин у коробочці популяції *G. scorzonifolia* на відвалі шахти «6-14» та у контрольній популяції є депресивними, популяції всіх трьох видів роду на шлакових відвалах ДМЗ є процвітаючими. За ознакою кількість мономерів усі вивчені популяції є процвітаючими.

Така розбіжність у розмірній структурі ценопопуляцій за різними морфологічними ознаками трьох видів роду *Gypsophila* свідчить про необхідність урахування основного принципу концепції віталітету в популяційних дослідженнях, тобто багатомірного оцінювання морфологічної структури особин, що полягає у вимірюванні одразу декількох ознак рослин, які відбивають їхній життєвий стан.

Окремий рослинний організм, як цілісна фітосистема, може бути представлений як баланс маси органів, що функціонально різняться та визначеним способом структуровані: корінь – стебло – листок – квітка/плід. Між структурними елементами рослини, якими на організмовому рівні виступають основні ознаки морфологічних



органів, існують різноманітні зв'язки, що ведуть до утворення цілісності системи та відображають віталітет особин.

Загальною рисою для трьох досліджених видів роду *Gypsophila* є низькі значення морфологічної цілісності в більшості популяцій (в середньому 4 – 5), що свідчить про низький їх віталітет в техногенних екотопах порівняно, наприклад, із деякими адвентами (*Iva xanthiifolia* Nutt. – 50; *Conyza canadensis* (L.) Cronq. – 25) [ГЛУХОВ, 2008].

Аналіз морфологічної цілісності параметрів *G. paulii* у динаміці (протягом 2006 – 2010 рр.) виявив значне зниження значень даного індексу в популяціях в умовах промайданчику ДМЗ (з 3,64 у 2006 р. до 0 у 2010 р.) та шлакового відвалу (з 1,82 до 0,48 відповідно).

У особин *G. scorzonerifolia* за індексом морфологічної цілісності підвищується віталітет в ценопопуляціях шлакового відвалу та відвалу шахти «6-14» (1,43) та знижується в популяції в екотопах відвалу шахти «Ганзовка» (0,95) та контрольної ділянки поблизу відвалу «6-14» (0,77), що узгоджується з отриманими даними щодо розмірної структури рослин популяцій цього виду.

### Висновки

Комплексний моніторинг становлення, формування й розвитку популяцій досліджуваних видів роду *Gypsophila* L. дозволив визначити деякі особливості їхньої структури та морфологічної мінливості в техногенних екотопах.

За часом існування в техногенних екотопах популяції галофільних видів роду *Gypsophila* є молодими, нормальними, в них тривають адаптаційні процеси, які виражаються у переважанні кількості молодих особин на вікових спектрах, низькій скорельованості та середній (до 30 %) мінливості морфологічних параметрів.

В техногенних екотопах за коефіцієнтом дивергенції структура популяцій *G. scorzonerifolia* та *G. paulii*, що відмінні від стандартної, є схожою. Для *G. paulii* характерна найнижча цілісність особин в популяціях техногенних екотопів за екологічними та ценотичними градієнтами. З часом ця тенденція зберігається, морфологічна цілісність значно падає та може навіть опускатись до 0, що свідчить про зниження віталітету та ступеня інтегрованості морфоструктури цього виду в техногенному середовищі.

На організмовому рівні особини всіх досліджених видів роду *Gypsophila* проявляють фенотипічну пластичність, яка виражається у компенсаторному розвитку вегетативних та генеративних органів. Наприклад, зі зменшенням висоти пагону одночасно спостерігається збільшення кількості мономерів та зниження їхньої довжини, або підвищення кількості квіток на рослині при зменшенні розмірів суцвіття. Такі адаптаційні особливості морфоструктурної організації досліджуваних видів знаходять відображення не тільки в абсолютних значеннях параметрів ознак, але і при обчисленні коефіцієнтів дивергенції, варіації, а також класів віталітету в популяціях.

У стресових умовах техногенних екотопів відмічаються зміни деяких розмірних характеристик листків видів роду *Gypsophila*. Оскільки листок є єдиним донором асимілятів для формування рослини, це може бути обумовлено зниженням рівня продукційного процесу в асимілюючих клітинах листка, що призводить до відповідних змін їхньої форми та розмірів, а потім і до змін у всій ієрархії структур рослинного організму.

Отже, всі розмірні морфоструктурні та вікові кількісні ознаки стану рослин мають великий біологічний сенс, визначаючи здатність рослин до розмноження та розвитку (формування фітомаси). Враховуючи це, оцінювання стану популяцій рослин в техногенних екотопах слід проводити не тільки на популяційному рівні, вимірюючи такі основні групові параметри, як щільність, чисельність, просторове розміщення,

віковий склад тощо, але враховувати й інші, нерозривно пов'язані один з одним, структурні рівні організації рослин – ценотичний, морфологічний, анатомічний. При цьому для адекватного трактування результатів обов'язковим є врахування основного принципу концепції віталітету, що полягає у багатомірному оцінюванні морфологічної структури особин, тобто в урахуванні декількох ознак рослин, які відбивають їхній життєвий стан.

#### Список літератури

- АКЖИГИТОВА Н. И. Галофитная растительность Средней Азии и ее индикационные свойства. – Ташкент, 1982. – 190 с.
- БУРДА Р. І. Мінливість синантропних популяцій *Gypsophila* L. // Проблеми експерим. ботаніки та екології рослин. – К.: Наук. думка, 1997. – Вип. 1. – С. 23-26.
- БУРДА Р. І., ОСТАПКО В. М., ТОХТАР В. К. Мінливість синантропних популяцій рослин. – Донецьк: Б. в., 1997. – 91 с.
- ГЛУХОВ А. З., ХАРХОТА А. И., АГУРОВА И. В., ПРОХОРОВА С. И. О применении популяционных биомаркеров травянистых растений в мониторинге фиторекультивации отвалов угольных шахт Донбасса // Промышленная ботаника. – Донецк. – 2010. – Вып. 10. – С. 3-10.
- ГЛУХОВ О. З., ПРОХОРОВА С. І., ХАРХОТА Г. І. Індикаційно-діагностична роль синантропних рослин в техногенному середовищі. – Донецьк: ООО "Вебер" (Донецька філія), 2008. – 232 с.
- ЕКОФЛОРА України / Відп. ред. Я. П. Дідух. – К: Фітосоціоцентр, 2000 – 2004. – Т. 1-3.
- ЖИЛЯЕВ Г. Г. Жизнеспособность популяций растений. – Львов, 2005. – 304 с.
- ЗЛОБИН Ю. А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1989. – 146 с.
- ИЗУЧЕНИЕ структуры и взаимоотношения ценопопуляций // Под ред. Т. И. Серебряковой. – М.: Б. и., 1986. – 74 с.
- КОРОВИН Е. П. Растительность Средней Азии и Южного Казахстана. – Ташкент, 1962. – Т. 2. – 547 с.
- МИРКИН Б. М., РОЗЕНБЕРГ Г. С., НАУМОВА Л. Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. – М.: Наука, 1989. – 223 с.
- МОМОТОВ И. Ф. Гипсофильная растительность – *Gypsophyta* // Растительный покров Узбекистана и пути его рационального использования. – Ташкент, 1973. – Т. 2. – С. 81-191.
- НАГАЛЕВСКИЙ В. Я., ТИЛЬБА А. П. Эколого-физиологический и географический анализ галофитов Северного Кавказа // Экология. – 1989. – № 4. – С. 3-8.
- ПАТ. 34832 Україна, МПК (2006) А01G 7/00. Спосіб індикації локального техногенного забруднення середовища за модулями морфологічної мінливості *Gypsophila paulii* Klokov / Хархота Г. І., Глухов О. З., Прохорова С. І.; заявник і патентовласник Донецький ботанічний сад НАН України. – № u200803278; заявл. 14.03.2008; опубл. 26.08.08, Бюл № 16. – 6 с.
- ПАТ. 40471 Україна, МПК (2009) А01В 79/00. Спосіб фіторекультиватії відвалів вугільних шахт з використанням *Gypsophila scorzonrifolia* Ser. / Глухов О. З., Хархота Г. І., Агурова І. В., Торохова О. М., Жуков С. П., Прохорова С. І., Аверчук А. С.; заявник і патентовласник Донецький ботанічний сад НАН України. – № u 2008 13053; заявл. 10.11.2008; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 7. – 16 с.
- ПРАВИЛА проведення біологічної рекультиватії породних відвалів вугільних шахт України: СОУ-Н 10.1-05420037-001:2007. – [Чинний від 2007-09-07]. – К.: Мінвуглепром України, 2007. – 30 с.
- ПРОМЫШЛЕННАЯ ботаника / под ред. Е. Н. Кондратюка. – Киев: Наук. думка, 1980. – 257 с.
- ПРОХОРОВА С. И., ГЛУХОВ А. З. Фенотипическая пластичность *Gypsophila paulii* Klokov в антропогенно трансформированных экотопах юго-востока Украины // Проблеми екології і охорони природи техногенного регіону: Міжвідом. зб. наук. праць. – Донецьк: Вид-во Донецьк. нац. ун-ту. – 2006. – Вип. 6. – С. 63-67.
- РАБОТНОВ Т. А. Структура и методика изучения ценологических популяций многолетних травянистых растений // Экология. – 1978. – № 2. – С. 5-14.
- ХАРХОТА Г. І., ДМИТРЕНКО П. П. Види роду *Gypsophila* L. в техногенних ландшафтах Донбасу // Тр. VI з'їзду Укр. ботан. т-ва. – К.: Наук. думка, 1977. – С. 263.
- ХАРХОТА Г. І., ДМИТРЕНКО П. П. Поширення *Gypsophila paulii* Klok. на територіях металургійних заводів Донбасу та Придніпров'я // Укр. ботан. журн. – 1976. – Т. 33, № 4. – С. 391-392.
- ХАРХОТА А. И. Подбор фитомелиорантов для рекультивации техногенных земель // Интродукция и акклиматизация растений. – 1989. – Вып. 12. – С. 45-47.
- ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ растений (очерки популяционной биологии). – М.: Наука, 1988. – 184 с.
- ШАМСУТДИНОВ З. Ш., САВЧЕНКО И. В. Галофиты России, их экологическая оценка и использование. – М., 2000. – 399 с.
- ШМИДТ В. М. Математические методы в ботанике. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 288 с.

ARONSON J. Economic halophytes - a global review // Plants for lands. – 1985. – P. 177-188.

KERNICK M. D. Forage plants for salt affected areas in developing countries // Forage and fuel Production from salt – affected wasteland. – 1986. – P. 451 – 459.

Рекомендує до друку  
І.І. Мойсієнко

Отримано 30.06.2011 р.

Адреса авторів:

*О. З. Глухов, Г. І. Хархота, І. В. Агурова,  
С. І. Прохорова  
Донецький ботанічний сад Національної академії  
наук України  
пр. Ілліча, 110,  
Донецьк, 83059  
e-mail: [donetsk-sad@mail.ru](mailto:donetsk-sad@mail.ru)*

Author's address:

*O. Z. Glukhov, G. I. Kharkhota, I. V. Agurova  
S. I. Prokhorova  
Donetsk Botanical Garden of the National Academy of  
Sciences of Ukraine  
Illycha av., 110  
Donetsk, 83059  
e-mail: [donetsk-sad@mail.ru](mailto:donetsk-sad@mail.ru)*