

СИНАНТРОПНА ФРАКЦІЯ ФЛОРИ ПОЛІГОНУ ЗАХОРОНЕННЯ ТОКСИЧНИХ ВІДХОДІВ ГЕКСАХЛОРБЕЗОЛУ ПОБЛИЗУ М. КАЛУШ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Рудейчук-Кобзєва М.Я.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
вул. Галицька, 201, 76008, м. Івано-Франківськ
biologym@ukr.net

На хімічному концерні «Хлорвініл» (тепер – ТОВ «Оріана-Галєв») у м. Калуш Івано-Франківської області протягом 1970–2000 рр. здійснювалося промислове хімічне виробництво хлорорганічних сполук, яке базувалося на прямому хлорванні вуглеводневої сировини, головним чином метану. Воно супроводжувалося утворенням токсичних хлорорганічних відходів, 90% яких припадало на гексахлорбензол (ГХБ). Полігон для захоронення токсичних відходів було введено в експлуатацію з 1973 року до 2000 року. Гексахлорбензол (ГХБ) – стійкий органічний забрудник, який характеризується високим біоаккумуляційним потенціалом і тривалим періодом напіврозпаду в трофічних ланцюгах живлення. Рослинність, яка спонтанно поселяється на таких порушених землях, є природними фітомеліорантами, а також природними зеленими фільтрами, що затримують пил та очищують повітря від шкідливих домішок. Саме тому метою нашого дослідження стало вивчення особливостей синантропної фракції флори Калузького полігону захоронення токсичних відходів гексахлорбензолу. Враховуючи те, що флора цієї території раніше не досліджувалась, першорядного значення набуває детальне дослідження процесів її відновлення, зокрема її синантропної фракції. Синантропна фракція флори полігону захоронення токсичних відходів гексахлорбензолу налічує 67 видів, які формують 19 родин і 55 родів. Це становить 55,37% від загальної кількості видів флори полігону. Апофітна фракція налічує 45 видів, адвентивна – 22 види. Аналіз натуралізації адвентивних видів рослин показав переважання серед них евапофітів, що пов'язано з інтенсивним відновленням території полігону, який призводить до формування антропогенних екоотопів. Адвентивна фракція флори формується переважно завдяки видам Ірано-Туранського походження. *Ключові слова:* синантропна флора, гексахлорбензол (ГХБ), полігон захоронення токсичних відходів, екологічні групи рослин.

Synanthropic fraction of the flora of hexachlorobenzene toxic waste landfill situated near Kalush of Ivano-Frankivsk region. Rudeichuk-Kobzieva M. At chemical concern “Chlorvinil” (now – LLC “Oriana-Halev”) in the city of Kalush in the Ivano-Frankivsk region during 1970–2000, industrial chemical production of organochlorine compounds was carried out, which was based on direct chlorination of hydrocarbon raw materials, mainly methane. Production was accompanied by the formation of toxic chlorine organic waste, 90% of which was attributable to hexachlorobenzene (HCB). The landfill for toxic waste disposal (Polygon) was commissioned from 1973 to 2000. Hexachlorobenzene (HCB) is a persistent organic contaminant that is characterized by high bioaccumulation potential and a long half-life in the food chain. Vegetation, which spontaneously settles on such disturbed lands are natural phytomeliorants, as well as natural green filters that detain dust and purify the air of harmful impurities. That is why the purpose of our study was to study the peculiarities of the synanthropic fraction of the flora of the Kalush landfill of toxic waste of hexachlorobenzene. Considering that the flora of this territory was not previously studied, the detailed study of the processes of its restoration, including its synanthropic fraction, becomes paramount. The synanthropic fraction of the flora of the landfill for the toxic waste of hexachlorobenzene has 67 species, which form 19 families and 55 genera. This amounts to 55.37% of the total number of species of the Polygon flora. Apophitic faction totals 45 species, adventive – 22 species. Analysis of the naturalization of adventive plant species showed a predominance of evapofits among them, which is associated with an intensive restoration of the territory of the landfill, which leads to the formation of anthropogenic ecotopes. The adventive fraction of flora is formed mainly due to species of Iran-Turanian origin. *Key words:* synanthropic fraction of the flora, hexachlorobenzene (HCB), landfill, ecological plant groups.

Постановка проблеми. Техногенні екоотопи – це первинні і вторинні неоекоотопи, які у своєму поширенні пов'язані з антропогенними формами рельєфу і є місцем зростання того чи іншого виду рослин. У них змінено всі екологічні фактори, необхідні для існування рослин. Рослини в техногенних екоотопах виконують важливу функцію – оптимізацію, тобто покращення навколишнього середовища [1].

Актуальність дослідження. Враховуючи те, що флора цієї території раніше не досліджувалась, першорядного значення набуває детальне дослідження процесів її відновлення, зокрема її синантропної фракції.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена

стаття. Мета роботи – вивчити синантропну фракцію флори полігону захоронення токсичних відходів гексахлорбензолу та дослідити її особливості в умовах техногенної трансформації біотопу. Для досягнення поставленої мети виконували такі завдання: встановили систематичну характеристику видів, визначили належність видів до синантропної флори, здійснили екологічний аналіз синантропної флори.

Новизна. Вперше досліджено синантропну флору полігону захоронення гексахлорбензолу та здійснено її екологічний аналіз.

Методологічне або загальнонаукове значення. Територія дослідження, згідно з фізико-географічним районуванням України, розташована

в Передкарпатській височинній області гірського краю Українських Карпат. За геоботанічним районуванням України досліджувана територія припадає на Івано-Франківсько-Коломийський район Самбірсько-Івано-Франківського округу Східнокарпатської гірської підпровінції Європейської широколистянолісової області.

Флору полігону вивчали із застосуванням маршрутних і стаціонарних методів дослідження. Назви видів рослин наведено за переліком С.Л. Мосякіна й М.М. Федорончука [2].

Належність видів до синантропної фракції флори визначали на підставі переліку, поданого В.В. Протопоповою [3]. Аналіз адвентивної фракції флори проводився згідно з класифікацією Я. Корнася [4], модифікованою В.В. Протопоповою [3]. Екоморфи, що мають схожі адаптивні ознаки за відношенням до клімату, розглядаються як клімаморфи [5].

Під час складання екологічних характеристик видів використано екологічні шкали, які запропонував Я.П. Дідух. Для екологічного аналізу синантропної фракції флори нами було обрано такі фактори: режим зволоження (Hd), вміст засвоєваних форм азоту (Nt), вміст карбонатів (Ca), загальний сольовий режим (Sl) та кислотний режим ґрунту (Rc) [6].

Виклад основного матеріалу. На хімічному концерні «Хлорвініл» (тепер – ТОВ «Оріана-Галев») у м. Калуш Івано-Франківської області протягом 1970–2000 рр. здійснювалося промислове хімічне виробництво хлорорганічних сполук, яке базувалося на прямому хлоруванні вуглеводневої сировини, головним чином метану. Воно супроводжувалося утворенням токсичних хлорорганічних відходів, 90% яких припадало на гексахлорбензол (ГХБ).

Гексахлорбензол (далі – ГХБ) – стійкий органічний забрудник, який утворюється внаслідок промислового хімічного виробництва на основі тетрахлориду вуглецю, полівінілхлориду та перхлоретилену.

ГХБ характеризується високим біоаккумуляційним потенціалом і тривалим періодом напіврозпаду в трофічних ланцюгах живлення [7].

Унаслідок недотримання гідрогеологічних і ландшафтно-екологічних умов, порушення герметичності складування та корозії металевих ємностей, в яких зберігались відходи, відбулася міграція токсиканта у ґрунт і підземні води. Протягом 2010–2012 років було здійснено заходи з видалення та вивезення з полігону суміші токсичних відходів гексахлорбензолу та забрудненого ґрунту.

Сьогодні на полігоні спостерігаються природні сукцесійні процеси рослинного покриву [8].

За результатами власних польових досліджень встановлено, що спонтанна флора полігону заохоронення гексахлорбензолу представлена 121 видом із 86 родів, що належать до 30 родин, 3 класів і 2 відділів.

Дослідження проводили протягом 2012–2017 рр. Предметом дослідження була синантропна флора полігону, об'єктом дослідження – рослинний покрив полігону. Синантропна фракція флори полігону заохоронення гексахлорбензолу охоплює 67 видів, які належать до 2 відділів (*Equisetophyta* та *Magnoliophyta*), 3 класів (*Equisetopsida*, *Magnoliopsida* та *Liliopsida*), 19 родин і 55 родів. Це становить 55,37% від загальної кількості видів флори полігону.

З них до відділу *Magnoliophyta*, класу *Magnoliopsida* належать 60 видів, 19 родин, 48 родів. До класу *Liliopsida* належать 6 видів із 1 родини та 5 родів. Із вищих спорових рослин на території полігону у складі синантропної фракції присутній один вид – *Equisetum arvense* L.

Під час аналізу флор значна роль надається 10 провідним родинам, які відображають основні властивості флори [9–11] і є головною частиною спектра. Аналізуючи систематичну структуру синантропної флори, встановлено домінування перших трьох родин: *Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Fabaceae*, що становлять 56,89% від загального обсягу синантропної фракції флори. Перше місце посідає родина

Таблиця 1

Спектр провідних родин флори полігону заохоронення ГХБ

| № | Родини | Кількість родів у родині | | Кількість видів у родині | |
|---------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|
| | | в абс. ч. | у % | в абс. ч. | у % |
| 1 | <i>Asteraceae</i> Bercht. & J.Prels | 17 | 36,96 | 19 | 32,75 |
| 2 | <i>Brassicaceae</i> Burnett | 6 | 13,04 | 7 | 12,07 |
| 3 | <i>Fabaceae</i> Lindl. | 4 | 8,69 | 7 | 12,07 |
| 4 | <i>Poaceae</i> Barnhart | 5 | 10,87 | 6 | 10,34 |
| 5 | <i>Chenopodiaceae</i> Vent | 2 | 4,35 | 5 | 8,62 |
| 6 | <i>Polygonaceae</i> Juss. | 3 | 6,52 | 4 | 6,93 |
| 7 | <i>Caryophyllaceae</i> Jusst. | 3 | 6,52 | 3 | 5,17 |
| 8 | <i>Lamiaceae</i> Martynow | 3 | 6,52 | 3 | 5,17 |
| 9 | <i>Apiaceae</i> Lindl. | 2 | 4,35 | 2 | 3,44 |
| 10 | <i>Plantaginaceae</i> Juss. | 1 | 2,18 | 2 | 3,44 |
| Всього: | | 46 | 100% | 58 | 100% |

Asteraceae. Така висока позиція родини характерна майже для всіх природних флор земної кулі, зокрема для синантропної флори України [3]. Також панівна позиція цієї родини характерна загалом для флори Прикарпаття [12].

Друге місце належить родині *Brassicaceae*. Зростання ролі цієї родини внаслідок синантропізації флори зафіксовано також для інших територій [13]. В.В. Протопопова для території України пов'язує це з інвазією родів, характерних для ксеричних територій Середземноморської та Ірано-Туранської областей [3].

Третє місце посідає родина *Fabaceae*, що свідчить про значний вплив середземноморського елемента у формуванні синантропної флори. Десять провідних родин репрезентують 58 видів (86,57%) та 46 родів (83,64%). Інші родини представлені 9 видами і 9 родами, тобто родини є монотипними (табл. 1).

Є обернено пропорційна залежність між рангом систематичної одиниці та пристосованістю її до навколишнього середовища, тобто чим нижчий ранг таксономічної одиниці, тим більше вона залежна від навколишнього середовища, а відповідно, і більш чутливо реагує на його зміни. Тому доцільним є здійснення аналізу середньої ланки систематичної структури – родового спектра. Провідними родами синантропної флори полігону захоронення ГХБ є *Chenopodium* (3 види) та *Trifolium* (3 види). Роди *Persicaria*, *Rorippa*, *Melilotus*, *Plantago*, *Artemisia*, *Cirsium* та *Poa* налічують по 2 види, решта родів (46) є моновидовими.

Згідно з класифікацією синантропної флори Я. Корнася [4], виділено дві фракції – апофітну й адвентивну. Апофітна фракція (автохтонна флора) представлена 45 видами (67,2%), адвентивна фракція (алохтонна флора) – 22 видами (32,8%).

Автохтонна фракція синантропної флори полігону захоронення ГХБ налічує 45 видів, що належать до 16 родин і 36 родів. До евапофітів належать

26 видів (57,8%) – *Artemisia vulgaris* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Eupatorium cannabinum* L., *Taraxacum officinale* Wigg. aggr., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Lolium perenne* L., *Poa annua* L., *Rumex crispus* L., *Melilotus albus* Medik, *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Trifolium repens* L., *Daucus carota* L. та ін.

Геміапофіти налічують 13 видів (28,9%) – *Bidens tripartita* L., *Carduus crispus* L., *Cerastium holosteoides* Fries, *Chenopodium glaucum* L., *Viola tricolor* L., *Rorippa palustris* (L.) Bess, *Potentilla anserina* L., *Vicia cracca* L., *Heracleum sibiricum* L. та ін.

Частка спонтанних апофітів налічує 6 видів (13,3%) – *Trifolium arvense* L., *Mentha arvensis* L., *Tanacetum vulgare* L., *Odontites vulgaris* Moench, *Rorippa sylvestris* (L.) Bess, *Poa compressa* L.

Синантропній флорі полігону захоронення токсичних відходів ГХБ, як і багатьом іншим флорам України, властиве домінування апофітної фракції [14; 15].

Віднесення видів до адвентивних мігрохроно-елементів прийнято за класифікацією адвентивних рослин України В.В. Протопопової [3]. Адвентивна фракція полігону налічує 22 види, що належать до 9 родин та 22 родів. У складі адвентивних видів полігону за часом занесення переважають археофіти – 17 видів (77,27%). На частку кенофітів припадає 5 видів (22,73%).

За ступенем натуралізації адвентивні рослини полігону захоронення ГХБ поділено на три групи: епекофіти, агріофіти та ефемерофіти. Переважають епекофіти – 19 видів (86,4%), частка агріофітів становить 2 види (9,01%), ефемерофіти представлені 1 видом (4,59%).

Аналіз результатів розподілу адвентивного елемента за первинними ареалами дав змогу виділити 9 ареалогічних груп. За основу їх виділення використана розроблена для адвентивного елемента флори України класифікація В.В. Протопопової [3]. Виділені ареалогічні групи об'єднані в 6 еле-

Таблиця 2

Спектр адвентивних мігроелементів та ареалогічних груп флори полігону захоронення ГХБ

| Тип мікроелемента | Ареалогічні групи | Кількість видів | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|--------|-------|
| | | у групі | всього | у % |
| Середземноморсько-ірано-туранський | Середземноморсько-ірано-туранська | 3 | 3 | 13,64 |
| Ірано-туранський | Ірано-туранська | 4 | 6 | |
| | Центральноазійська | 1 | | |
| | Середньоазійська | 1 | | |
| Середземноморський | Середземноморська | 5 | 5 | 22,72 |
| Азійський | Азійська | 1 | 2 | 9,09 |
| | Індо-малайська | 1 | | |
| Північноамериканський | Північноамериканська | 4 | 4 | 18,18 |
| Європейський | Південноєвропейська | 1 | 1 | 4,54 |
| Невизначений | | 1 | 1 | 4,54 |
| Всього | | 22 | 22 | 100% |

ментів флори. Первинний ареал одного виду не встановлений. У складі адвентивних мігреоелементів флори полігону захоронення ГХБ переважають види Ірано-Туранського походження (ірано-туранська, центральноазійська, середньо азійська групи) (табл. 2).

За системою класифікації кліматоморф К. Раункієра [5], у складі синантропної фракції флори полігону захоронення ГХБ гемікриптофіти об'єднують 30 видів (44,78%), терофіти – 29 видів (43,28%), геофіти – 7 видів (10,45%), криптофіти – 1 вид (1,49%).

Одним із найважливіших екологічних факторів є ступінь зволоження субстрату [16]. У результаті проведеного аналізу види синантропної флори щодо режиму зволоження розподілені так: мезофіти – 27 видів (40,3%), субмезофіти – 20 видів (29,85%), гігрозомезофіти становлять 15 видів (22,39%), гігрофіти – 4 види (5,97%), до ксерофітів належить 1 вид (1,49%). Із мезофітів найбільш поширені *Chenopodium glaucum* L., *Chenopodium polyspermum* L., *Trifolium repens* L., *Vicia cracca* L., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Tanacetum vulgare* L., *Poa annua* L. та ін.

Важливим складовим елементом ґрунту, який визначає його родючість і лімітує поширення багатьох видів, є азот. Щодо вмісту його засвоєваних форм у ґрунті, рослини синантропної фракції флори розподіляються на такі екогрупи: нітрофіли – 32 види (47,76%), гемінітрофіли – 25 видів (37,31%), еунітрофіли – 8 видів (11,95%), субанітрофіли – 2 види (2,98%).

Карбонати виступають материнською породою зі специфічною флорою, а також беруть участь у процесах ґрунтоутворення, тому є важливою характеристикою ґрунтів [17]. За вимогами до вмісту карбонатів у ґрунті виділено 4 екологічні групи. Переважають акарбонатфіли – 29 видів (43,28%) – рослини нейтральних екотопів, що витримують незначний вміст карбонатів у ґрунті, та гемікарбонатофоби – 28 видів (41,79%) – рослини, які уникають карбонатних субстратів. Гемікарбонатофіли налічують 9 видів (13,44%), карбонатофоби – 1 вид (1,49%).

Важливою характеристикою екологічної специфіки флори є відношення видів до загального

сольового режиму, який впливає на різні процеси ґрунтоутворення і визначає адаптацію рослинних організмів [17]. Проведений аналіз показав, що більшість видів належить до семіевтрофів – 43 види (64,18%). Це, зокрема, *Poa compressa* L., *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv., *Taraxacum officinale* Weber in Wiggers., *Lamium album* L., *Artemisia absinthim* L., *Viola tricolor* L. та ін.

Евтрофи об'єднують 19 видів (28,36%), субґлікотрофи – 3 види (4,48%) та мезотрофи – 2 види (2,98%).

У складі досліджуваної флори виділено 4 екологічні групи за відношенням до кислотного режиму ґрунту, з яких найбільш численними є субацидофіли – 36 видів (53,73%) – *Srregularia rubra* (L.) J. et C. Presl., *Trifolium repens* L., *Stachys palustris* L., *Plantago major* L. та ін. Нейтрофіли налічують 27 видів (40,31%), ацидофіли – 3 види (4,48%), базофіли – 1 вид (1,49%).

Головні висновки. Після рекультивациі ґрунтового покриву на території полігону захоронення відходів ГХБ відбуваються природні процеси відновлення рослинності, яка у зв'язку з неоднорідністю гідрологічних та едафічних умов вирізняється широким спектром екологічних, біоморфологічних і таксономічних груп.

Синантропна фракція флори полігону захоронення токсичних відходів гексахлорбензолу налічує 67 видів, які формують 19 родин і 55 родів. Це становить 55,37% від загальної кількості видів флори полігону. Апофітна фракція налічує 45 видів, адвентивна – 22 види. Аналіз натуралізації адвентивних видів рослин показав переважання серед них евапофітів, що пов'язано з інтенсивним відновленням території полігону, який призводить до формування антропогенних екотопів. Адвентивна фракція флори формується переважно завдяки видам Ірано-Туранського походження.

Отже, синантропна флора полігону вирізняється біоморфологічним та екологічним різноманіттям.

Перспективи використання результатів дослідження базуються на можливості використання результатів дослідження як навчально-методичних матеріалів на кафедрі біології та екології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Література

1. Екоморфологічний аналіз ранньоквітучих видів рослин в техногенних екотопах південного сходу України / Глухов О.З., Хархота Г.І., Прохорова С.І., Агурова І.В., Жуков С.П. // *Екологія та ноосферологія*. 2011. Т. 22. № 3–4. С. 48–57.
2. Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. Vascular Plants of Ukraine a nomenclatural checklist. Kyiv : M.G. Kholodny Institute Botany, 1999. 345 p.
3. Протопопова В.В. Синантропная флора Украины и пути ее развития. Киев : Наукова думка, 1991. 204 с.
4. Kornaš J. A geographical-historical classification of synantropic plants. *Mater. Zasl. Fitisoc. Stos. U.W.* 1968. № 25. P. 33–41.
5. Raunkiaer C. The Life forms of Plants and Statical Plant Geographie. Oxford, 1934. 632 p.
6. Didukh Ya.P. The ecological scales of the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv : Phytosociocentre, 2011. 176 p.
7. Kaupp H., McLachlan M.S. Distribution of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) within the full size range of atmospheric particles. *Atmospheric Environ.* 2000. 34, N 1. P. 73–83.

8. Parpan V.I., Shumska N.V., Rudeichuk-Kobzeva M.J., Mylenka M.M. Syntaxonomy of vegetation of Kalush hexachlorobenzene toxic waste landfill (Ivano-Frankivsk region). *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol.* 2016. № 24 (2). P. 364–370.
9. Толмачев А.И. Введение в географию растений. Ленинград : Изд-во ЛГУ, 1974. 244 с.
10. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Ленинград : Изд-во Ленинград. ун-та, 1980. 176 с.
11. Новосад В.В. Флора Керченско-Таманского региона. Киев : Наукова думка, 1992. 280 с.
12. Ткачик В.П. Флора Прикарпаття. Львів : НТШ, 2000. 254 с.
13. Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры. Київ : Наукова думка, 1991. 168 с.
14. Аркушина Г.Ф. Урбанофлора Кіровограда : автореф. дис. ... канд. біол. Наук : 03.00.05 – «Ботаніка». Ялта, 2007. 20 с.
15. Губарь Л.М. Урбанофлора южной части Малого Полесья : автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Киев, 2006. 20 с.
16. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. Київ : Наукова думка, 1994. 280 с.
17. Дідух Я.П., Плюта П.Г., Протопопова В.В. та ін. Екофлора України / відпов. ред. Я.П. Дідух. Київ : Фітосоціоцентр, 2000. Т. 1. 284 с.