

привів до значного зниження (практично на 50 %) їх активності у ґрунті, як основного депо радіоактивних елементів, так і в компонентах лісових екосистем.

З плином часу, поряд з фізичним розпадом радіонуклідів, відбувалося зниження міграційної здатності і інтенсивності їх надходження з ґрунту у рослини. Це пов'язано зі закріпленням <sup>137</sup>Cs у ґрунтового профілі. Зниження активності <sup>137+134</sup>Cs, у ґрунті лісових екосистем дає підстави для перегляду рівнів радіоактивного забруднення ґрунту в насадженнях та існуючих карто-схем щільності забруднення лісів.

Тенденції, які на цей час спостерігаються в динаміці показників радіоактивного забруднення деревини, харчових та другорядних ресурсів лісу, свідчать про можливість відновлення їх експлуатації у тих чи інших регіонах держави, де були введені обмеження в зв'язку з радіоактивним забрудненням лісів аварійними викидами ЧАЕС.

### Висновки:

1. За багаторічними даними радіаційного контролю продукції лісогосподарських підприємств зони впливу аварійних викидів Чорнобильської АЕС за 27 років після аварії в умовах Українського Полісся відбулися істотні зміни в нагромадженні радіонуклідів у деревині. Так, у Житомирській обл. частка перевічених зразків деревини, що перевищувала ГДР у 1991 р., становила – 8,3 %, а у 2010 р. – лише 0,1 %; у Чернігівській області, відповідно, – 3,0 % і 0 %. Ці матеріали свідчать про зменшення радіоактивного забруднення деревини.

2. Перевищення гранично допустимих рівнів (ГДР) радіоактивного забруднення деревини виявлено лише в лісах Житомирської та Чернігівської областей. Це свідчить про можливість зняття обмежень у використанні деревини за радіаційною ознакою в інших областях, що зазнали радіоактивного забруднення, за умов дотримання вимог чинних "Рекомендацій з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення".

3. Критичними видами лісової продукції залишаються дикорослі гриби, лікарські рослини і, меншою мірою, дикорослі ягоди. Відносна кількість зразків грибів і дикорослих ягід з перевищенням ГДР питомої активності радіонуклідів <sup>137</sup>Cs, залежно від регіону, змінюється, відповідно, в межах 8-42 % і 5,1-13,0 % від кількості проаналізованих зразків.

4. Результати радіаційного контролю продукції лісогосподарських підприємств зони впливу аварійних викидів Чорнобильської АЕС свідчать про можливість зняття обмежень на заготівлю деревини в лісах Волинської, Рівненської і Сумської областей. Заготівлю дикорослих грибів, ягід і лікарських рослин у лісах Полісся можна проводити, виключно, за умов попереднього радіаційного контролю.

### Література

1. Ліхтарьов І.А. Дози опромінення населення України в наслідок Чорнобильської аварії / І.А. Ліхтарьов, В.В. Чумақ, Л.М. Ковган // 20 років Чорнобильської катастрофи погляд у майбутнє. – К. : Вид-во "Атіка", 2006. – С. 33-41.  
 2. Орлов О.О. Використання прогнозованого математичного моделювання для оцінки доз внутрішнього опромінення населення від харчових продуктів лісу / О.О. Орлов, В.М. Янчук, А.М. Ковальчук, В.Г. Левицький, В.В. Борщенко // Антропогенно змінене середовище України: ризики для здоров'я населення та екологічних систем : матер. Міжнар. конф. – К. : Вид-во "Чорнобильінтернформ", 2003. – С. 119-141.

3. Закон України "Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи" // Збірник нормативних матеріалів з питань соціального захисту громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи. – К. : Вид-во "Лібра", 1992. – Вип. 1. – С. 8-23.

4. Краснов В.П. Рекомендації з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення / В.П. Краснов, О.О. Орлов, В.П. Ландін, В.О. Бузун та ін. – К. : Вид-во "Либідь", 2008. – 82 с.

### Ландін В.П. Радиоактивное загрязнение продукции лесного хозяйства в условиях Украинского Полесья

Территория Украинского Полесья находится в зоне влияния аварийных выбросов ЧАЭС, а климатические и ландшафтно-геохимические особенности региона обуславливают на Полесье интенсивную миграцию радионуклидов <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в системе почва-растение и по пищевым цепочкам к человеку. В связи с этим, загрязненные радионуклидами лесные экосистемы остаются источником загрязненной лесной продукции и по своему воздействию на формирование доз облучения населения относятся к критическим экосистем. Одним из направлений предотвращения негативного влияния радиоактивного загрязнения лесных экосистем на население является обеспечение радиационного контроля продукции лесохозяйственных предприятий загрязненной зоны. Результаты радиационного контроля лесной продукции свидетельствуют о постепенном снижении радиоактивного загрязнения древесины, которое происходит благодаря физическому распаду и снижению миграционной способности радионуклидов вследствие закрепления их в почвенном поглощающем комплексе.

**Ключевые слова:** лесные экосистемы, радиоактивное загрязнение, миграция радионуклидов, лесная продукция, радиационный контроль.

### Landin V.P. Radioactive contamination of the products in the Ukrainian forest ecosystems Polessye

Ukrainian territory Polessye located in the zone of Chernobyl accident reduction and climate and landscape-geochemical features of the region to determine Polessye intensive migration of radionuclides <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in the soil-plant and the food chain to humans. In this regard contaminated forest ecosystems remains a dangerous source of forest products and their influence on the formation of radiation doses to the public are critical ecosystems. One of the areas to prevent adverse effects of radioactive contamination of forest ecosystems in the population is to provide radiation monitoring production forestry enterprises contaminated area. The results of radiation monitoring forest products show a gradual decrease contamination of wood, which occurs due to physical decay i reduce the migration ability of radionuclides due to assignment of them into the soil absorption complex.

**Keywords:** forest ecosystem contamination, migration of radionuclides, forest products, radiation control.

UDC 630\*182

Adjunct M. Wróbel<sup>1</sup>, dr. hab.; mgr inż K. Nachowicz<sup>1</sup>; adjunct U. Bashutska<sup>2</sup>, dr.

### FLORISTIC DIVERSITY OF MUNICIPAL WASTES HEAPS ON THE RECLAIMED LANDFILLS NEAR SZCZECIN (WESTERN POMERANIA, POLAND)

This paper presents the results of research documenting the floristic diversity of newly aged municipal waste dumps prior subjected technical and biological reclamation. Field observations were carried out in 2009-2011 on research plots located at the base, on the slope and on the top of the annual, 5-years old and 15-years old waste dumps.

<sup>1</sup> West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Poland;

<sup>2</sup> Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

In the assessment of the floristic diversity the Shannon-Wiener's (H) and species evenness (J) indexes were used as well as the degree of advancement of flora synanthropisation process was rated. Also the share of species representing different life forms by Raunkiaer's was characterized, their historical and geographical origin and light requirements. Participations of salinity and heavy metals tolerant species were evaluated. It was also found that the age of waste landfills influenced on the taxonomic diversity of flora, increased the number of hemicryptophytes and improved the number of plants which tolerated moderate light, salinity and the presence of heavy metals in the soil. With age of the waste dumps, the number of therophytes was decreasing. Analysis of species diversity based on the values of Shannon-Wiener's diversity index (H), species evenness index (J) as well as the number of species did not show statistically significant differences between flora diversity of research plots situated at the base, on the slope and on the top of the oldest (15-years old) and the youngest (1-year old) waste dumps. Such differences were found between the research plots situated on the 5-years old waste dump.

**Keywords:** floristic diversity, biological reclamation, waste dumps, synanthropic flora, Shannon-Wiener's diversity index

**Introduction.** Municipal landfills pose a serious threat to the environment. Wastes deposited in the landfills are subjected to segregation and composting. Technical and biological reclamation of municipal landfills contributes to improving the condition of these degraded habitats and their integration with the surrounding landscape. In the process of bio-remediation are used selected pioneering organisms. These include, among other plant species colonizing spontaneously heap dumps, because over time create a permanent plant cover that inhibits the processes of surface runoff and erosion. It also retains rainwater, initiates soil-forming processes and enables the development of other organisms. Biological reclamation includes a range of treatments such as: protecting slopes against landslides of vegetation cover, the soil fertilization with organic matter, regulation of water conditions, the introduction of plantings pioneer species which initiate soil-forming processes and the development of soil microflora (Siuta 2001, Karczewska 2008).

For this purpose, the studies were undertaken to identify the species composition and structure of plant cover growing spontaneously on unevenly aged waste dumps. The results of these studies allow in the future precise selection of herbaceous species, trees and shrubs which will be used in biological reclamation of similar objects.

**Materials and methods.** Research was carried out on three technically and biologically reclaimed landfills near Szczecin, in villages Sierakowo and Leśno Górne (West Pomeranian Province, north-western Poland). Reclamation was completed at different time: a year ago (the first waste dump), 5-years ago (the second one) and 15-years ago (the third surveyed waste dump). Heaps were formed from segregated and compacted wastes which were placed on the floor isolated by geomembrane that protects the soil from contamination. The leachate was accumulated in the ditch around the landfill whereas inside the heaps drainage systems removing biogas were installed (Niedźwiecki et al. 2008). For each of the waste dump three research plots were selected (1, 2, 3), each of size 100 m<sup>2</sup>, located at the base (P), on the slope (S) and on the hilltop of the waste heap (W). For all research plots were prepared separate lists indicating the percentage participation of plant species.

Terminology of the Latin names of plant species is given after Mirek et al. (2002) and Rothmaler (2004). The informations about of life forms by Raunkiaer's and historical and geographical origin of plant species were given by Rutkowski

(1998) whereas their light requirements and tolerance to salinity and presence of heavy metals in soil were given by Zarzycki et al. (2003).

The following biodiversity indices were applied:

- Shannon-Wiener's species diversity index (H)

$$H = -\sum_{i=1}^S (p_i \log_2 p_i),$$

where:  $S$  – total number of species in a sample;  $p_i$  – participation of the  $i$ -th species in a sample.

$$p_i = n_i/N,$$

where:  $n_i$  – number of all individuals in the  $i$ -th species in a sample;  $N$  – total number of all individuals in a sample.

- species (Pielou's species) evenness index (J)

$$J = \frac{H}{H_{\max}},$$

where:  $H_{\max}$  – maximum value of species evenness equal to  $\log_2 S$ .

- the species richness measured as a total number of species

Statistical calculations were made using the MVSP (MultiVariate Statistical Package) and Statistica 8.0 packages (Piernik 2008). For the comparison of mean values of indices one-way analysis of variance (ANOVA) was used. Homogeneous groups were formed on the base of multiple range of the Tukey's test. All statistical hypotheses were verified at a significance level of 0.05.

As a measure of anthropogenic transformation of flora the indicator of synanthropisation process according to Jackowiak (1990) was used:

$$WSC = \frac{Ap + A}{Sp + A} \cdot 100\%,$$

where:  $Ap$  – apophytes;  $A$  – antropophytes;  $Sp$  – non synanthropic spontaneophytes.

**Results.** As a result of field research conducted at three unevenly aged municipal waste landfills was recorded a total of 164 plant species belonging to 39 families. Flora of the oldest landfill (15-years old) included 45 % of all species whereas the 5-years old one included 87 % of all species and the 1-year old one only 13 %. Most of these species belonged to families: Asteraceae (20 % of total flora), Poaceae (18 %) and Brassicaceae (8 %).

Analysis of geographical and historical origin of species found in examined landfills pointed to apophytes – native plant species occurring at anthropogenic habitats as the most numerous group of species (54 % of total flora) eg. *Chenopodium album*, *Polygonum aviculare* or *Plantago major*. Among the taxa of foreign origin the numerous were archaeophytes which constituted 23 % of studied flora, eg. *Capsella bursa-pastoris*, *Lactuca serriola* and *Viola arvensis*. Among kenophytes (17 % of total flora) were noted such species, like: *Solidago serotina*, *Conyza canadensis*, *Galinsoga ciliata* and *Impatiens parviflora*.

Analysis of the biological spectrum of flora of studied objects showed the dominance of therophytes (48 % of total flora) in plant species composition of the youngest waste dump (1-year old). Among them were observed *Sisymbrium officinale*,

*Trifolium arvense* and *Hordeum murinum*. In the floristic composition of older waste dumps (the 5 and 15-years old ones) predominated hemicryptophytes – respectively 40 % and 34 %, eg. *Saponaria officinalis* and *Taraxacum officinale*.

Habitat conditions prevailing in the landfills allow the occurrence of *termophilous* and *heliophilous* species. Almost half of all species of the surveyed landfills consisted taxa preferring the full light (48 % of total flora) and the moderate light (42 %) (Zarzycki et al. 2003) eg. *Polygonum persicaria*, *Spergula arvensis*, *Arctium lappa*, *Helianthus annuus*, *Galinsoga parviflora* and *Linaria vulgaris*.

Among the species recorded on the examined landfills about 19 % of them tolerated the presence of NaCl in the soil substratum. The group of halophytes represented *Puccinellia distans*, *Arrhenatherum elatius*, *Lepidium ruderalne*, *Cichorium intybus* and the most often they were observed on the youngest 1-year old waste dump.

Analysis of landfills flora of older reclaimed waste dumps (5-years and 15-years old ones) showed the presence of species tolerant heavy metals in the soil substratum (metallophytes). Such species like *Calamagrostis epigejos* and *Atriplex patula* consisted respectively 9 % and 10 % of all plant species observed on these waste dumps. On the youngest 1-year old waste dump, there were no metallophytes.

**Table 1. Values of the Shannon-Wiener's diversity index (H), species evenness index (J) and number of species for the 1-year old waste dump**

Research plot	Shannon-Wiener's index (H)	mean	Species evenness index (J)	mean	Number of species	mean
P1	3,358	-	0,937	-	12	-
P2	3,314	3,391	0,958	0,947	11	12,0
P3	3,503	-	0,947	-	13	-
S1	3,635	-	0,955	-	14	-
S2	3,421	3,398	0,954	0,951	12	12,0
S3	3,140	-	0,945	-	10	-
W1	3,642	-	0,957	-	14	-
W2	3,371	3,474	0,94	0,949	12	12,6
W3	3,410	-	0,951	-	12	-

Comparison the significance of differences between mean values of the Shannon-Wiener's diversity index (H), the species evenness index (J) and the number of species for the analyzed research plots set out on the 1-year old waste dump with initial vegetation cover using one-way analysis of variance (ANOVA) at  $p \leq 0.05$ , showed no significant statistical differences. Both at the base of the waste dump (P), on the slope (S) and the hilltop (W), there was a very similar species composition and the equal quantitative participation of individual taxa. Predominated species of annual segetal weeds like: *Stellaria media*, *Thlaspi arvense*, *Matricaria maritima ssp. inodora* or *Capsella bursa-pastoris*. Equally frequently were observed species of annual and biennial ruderal weeds like: *Conyza canadensis*, *Urtica urens*, *Chenopodium rubrum* or *Chenopodium hybridum*.

The results of comparison the significance of differences between analysed diversity indexes for the 5-years old waste dump indicate statistically significant differences between the mean value of Shannon-Wiener's diversity index (H) and the average number of species for research plots located at the base of the heap (P), on the slope (S) and the hilltop (W) of the 5-years old waste dump. Landfill leachate ac-

cumulation at the base of the waste dump (P) increased the humidity of habitat and contributed to the development of nitrophilous plants like: *Ballota nigra*, *Dactylis glomerata*, *Chelidonium majus*, *Hordeum murinum*, *Galium aparine*, *Sambucus nigra* and *Urtica dioica*. On the slope (S) and the hilltop of the waste dump (W) soil moisture was low, which significantly reduced the number of species and decreased the species diversity. Among *termophilous* and *Heliophilous* species were observed: *Sisymbrium loeselii*, *Bromus inermis*, *Diploaxis tenuifolia*, *Lactua serriola* and *Tanacetum vulgare*. However, the species evenness index (J) for the research plots on the top of the waste dump (W) differed significantly with respect to the base (P) and the slope (S). There were no significant differences between the research plots on the slope (S) and on the hilltop (W) of the waste dump.

**Table 2. Values of the Shannon-Wiener's diversity index (H), species evenness index (J) and number of species for the 5-years old waste dump**

Research plot	Shannon-Wiener's index (H)	mean	Species evenness index (J)	mean	Number of species	mean
P1	3,927	-	0,961	-	17	-
P2	3,931	3,98	0,962	0,961	17	17,6
P3	4,082	-	0,961	-	19	-
S1	3,285	-	0,949	-	11	-
S2	3,650	3,441	0,959	0,951	14	12,3
S3	3,390	-	0,946	-	12	-
W1	2,816	-	0,939	-	8	-
W2	2,967	2,944	0,936	0,931	9	9,0
W3	3,050	-	0,918	-	10	-

**Table 3. Values of the Shannon-Wiener's diversity index (H), species evenness index (J) and number of species for the 15-years old waste dump**

Research plot	Shannon-Wiener's index (H)	mean	Species evenness index (J)	mean	Number of species	mean
P1	4,183	-	0,968	-	20	-
P2	3,855	4,024	0,964	0,966	16	18,0
P3	4,035	-	0,968	-	18	-
S1	3,559	-	0,962	-	13	-
S2	3,321	3,406	0,96	0,951	11	12,0
S3	3,340	-	0,932	-	12	-
W1	4,078	-	0,96	-	19	-
W2	3,497	3,515	0,945	0,947	13	13,6
W3	2,972	-	0,938	-	9	-

Comparison the significance of differences between mean values of Shannon-Wiener's index (H), the species evenness index (J) and the number of species for the analyzed research plots set out on the oldest 15-years old waste dump with permanent vegetation cover using one-way analysis of variance (ANOVA) at  $p \leq 0.05$ , showed no significant statistical differences.

At the base and on the slope of the waste dump have developed multispecies shrub communities built by *Robinia pseudoacacia*, *Sambucus nigra*, *Acer negundo* and *Fraxinus excelsior*. On the top of the dump dominated perennial weeds of ruderal

species like *Artemisia vulgaris*, *Tanacetum vulgare* and *Bromus inermis* as well as setal ones eg. *Elymus repens*, *Convolvulus arvensis* and *Cirsium arvense*.

The degree of advancement of flora synanthropisation process was also evaluated. For the each unevenly aged waste dump the coefficient of total synanthropisation was calculated. The highest rate was recorded for synanthropic flora of the youngest 1-year old waste dump ( $W_{sc} = 100\%$ ), for older dumps (5-years old and 15-years old) values of this coefficient were slightly lower and amounted respectively 96,4 % and 95,2 %.

**Discussion.** The results of the comparative analysis of taxonomic unevenly aged waste dumps showed the dominance of species from *Asteraceae* family (20 % of the total flora) and *Poaceae* family (18 % of the total flora) in the flora of all surveyed objects. Similar observations concerning the dominance of these taxa recorded Strączyńska and Strączyński (2004) and Wolski (2007) during the observation of vegetation cover which developed on the ash and flotation tailings waste dumps.

The results of the analysis of historical and geographical origin of studied flora showed that over 50 % of all recorded species represented apophytes – native species occurring at anthropogenic habitats. Apophytes occurred the most frequently in the oldest waste dump where the reclamation was made 15 years ago. Since then there has developed stable vegetation dominated by native plant species. The least native species recorded in the youngest 1 year old waste dump. According to the floristic studies carried out on mining dumps by Bzdęga *et al.* (2004) the ratio of native species (apophytes) to foreign ones (metaphytes) was on average 5:1. A similar proportion was reported in the area of investigations. Comparable results were reported by Klimko *et al.* (2004), where apophytes observed on the mine dumps accounted 79 % of the total flora of studied objects.

Analysis of the spectrum of biological life forms pointed to the dominance of annual and biennial species in the flora of the youngest waste dump with initial pioneer vegetation. With age, on older landfills in the structure of vegetation cover was observed less therophytes because hemicryptophytes and geophytes were the most numerous group of species. Similar observations were reported by Klimko *et al.* (2004) on the old mine dumps with stable habitat conditions, where there was three times more hemicryptophytes than therophytes.

In the area of investigations 19 % of all recorded species tolerated the presence of NaCl in the soil substratum. Halophytes were observed in ditches where landfill leachate accumulated at the base of younger dumps (1-year old and 5-years old). Selection of species for biological reclamation of such objects should take into account the salinity tolerant and resist to physiological drought taxa (Niewiadomski and Tołoczko 2005, Szymańska-Pulikowska 2005). According to Wrochna (2004) the most resistant species are species from *Chenopodiaceae* and *Amaranthaceae* families, among others *Atriplex hortensis* and *Amaranthus tricolor*. Some species recommended for use in the biological reclamation appeared spontaneously on the surveyed waste dumps (Strączyńska and Strączyński 2004).

Metallophytes formed only 9 % of the observed flora, what indicates the correct selection of hazardous waste. Some plant species present the ability to accumulation of toxic compounds from the contaminated soil. Such ability is called the phyto-

remediation and is an important part of biological reclamation (Pulford *et al.* 2002). Species which appeared spontaneously on the oldest reclaimed waste dumps, like *Sambucus nigra*, *Betula pendula*, *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Trifolium* sp., *Lupinus* sp. and *Vicia* sp. some authors propose the use in biological reclamation of degraded lands (Pachuta *et al.* 2003).

The confirmation of these observations are the results of analysis of Shannon-Wiener's diversity index (H) and species evenness (J) indexes for vegetation cover of surveyed waste dumps which show the highest species diversity of the oldest, 15-years old waste dump. Greater floristic and socio-ecological diversity of vegetation cover observed on multiannual landfills, in comparison to the initial objects, noted Piotrowski *et al.* (2006). He also pointed the necessity of identification the direction of spontaneous succession of vegetation on the degraded areas as an important part of biological reclamation.

#### Conclusions:

1. Flora at the surveyed municipal waste landfills was synanthropic and the highest value of synanthropisation coefficient was recorded for the flora of the youngest waste dump (1-year old) with initial vegetation cover.
2. The highest species diversity was observed for the oldest waste dump (15-years old) with permanent vegetation cover.
3. In the species composition of plant cover observed on the youngest waste dump dominated annual and biennial therophytes, while the plant cover of the oldest waste dump distinguished predominance of hemicryptophytes and geophytes.
4. Apophytes – native plant species occurring at anthropogenic habitats, were the most numerous group of species which predominated in floristic composition of all surveyed unevenly aged waste dumps.
5. A small participations of halophytes and metallophytes in the species composition of flora surveyed waste dumps pointed to the proper segregation of deposited wastes and low soil contaminations by heavy metals and chlorides.

#### References

1. Bzdęga K., Pasierbiński A., Chmura D., 2004: Rola hałd pogórnich w utrzymaniu regionalnej różnorodności florystycznej Górnego Śląska. *Chrońmy Przyrodę Ojczyznę*. – Vol. 60 (2). – Pp. 17-33.
2. Jackowiak B., 1990: Antropogeniczne przemiany flory roślin naczyniowych. *Prace Uniw. A. Mickiewicza, Ser. Biol.* – Vol. 42. – Pp. 7-232.
3. Karczevska A., 2008. *Ochrona gleb i rekultywacja terenów zdegradowanych*. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław. – Pp. 268.
4. Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zając A., Zając M. 2002: Flowering plants and pteridophytes of Poland. A checklist. *W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków*. – Pp. 11-442.
5. Niedźwiecki E., Nowak A., Friedrich S., Michalcewicz W., Wojcieszczuk T., Meller E., 2008: Oddziaływanie wysypiska odpadów komunalnych w Sierakowie na właściwości chemiczne i mikrobiologiczne gleb. *Roczniki Gleboznawcze*. – Vol. 59 (3/4). – Pp. 215-225.
6. Niewiadomski A., Tołoczko W., 2005: Charakterystyka stanu środowiska glebowego w strefie oddziaływania wysypiska odpadów komunalnych w Zgniłym Błocie. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. – Vol. 505. – Pp. 273-279.
7. Pachuta K., Koda A., 2003: Wykorzystanie roślin i zanieczyszczonych wód w fazie zasiedlania wysypisk na przykładzie składowiska "Radiowo". II Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna, Elektrownia Dolna Odra, AR Szczecin. – Pp. 65-70.
8. Piernik A., 2008: Metody numeryczne w ekologii na przykładzie zastosowań pakietu MVSP do analiz roślinności. *Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń*. – Pp. 92.

9. Piotrowski M., Szyszowski P., Wolski K., 2006: Ocena składu gatunkowego pokrywy rekulturacyjnej składowiska odpadów komunalnych "Żerniki" we Wrocławiu. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.* – Vol. 545. – Pp. 205-209.

10. Pulford I.D., Riddell-Black D., Stewart C. 2002: Heavy metal uptake by willow clones from sewage sludge-treated soil: The potential for phytoremediation. *International Journal of Phytoremediation.* – Vol. 4. – Pp. 59-72.

11. Rothmaler W., 2004: Exkursionsflora von Deutschland Gefasspflanzen: Atlasband. Gustav Fischer Verlag Jena Stuttgart. – Pp. 491.

12. Rutkowski L., 1998: Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej. – PWN, Warszawa. – Pp. 392.

13. Siuta J., 2001: Gospodarka odpadami w środowisku. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych.* – Vol. 477. – Pp. 275-285.

14. Strączyńska S., Strączyński S., 2004: Wpływ pokryw roślinnych na cechy morfologiczne i niektóre właściwości utworów obwałowania składowiska odpadów paleniskowych. *Roczniki Gleboznawcze.* – Vol. 55(2). – Pp. 397-404.

15. Szymańska-Pulikowska A., 2005: Zanieczyszczenie wód podziemnych w otoczeniu starego składowiska odpadów komunalnych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych.* – Vol. 505. – Pp. 439-444.

16. Wolski K., Szymura M., Szymura T., Gąbka D. 2007: Wpływ roślinności na nasilenie erozji skarp zbiornika odpadów połotacyjnych "Żelazny Most". Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego. *Zeszyty Naukowe.* – Vol. 133. – Pp. 446-455.

17. Wrochna M., Gawroński S., 2004: Ocena przydatności roślin ozdobnych z rodziny komosowatych i szarłatowatych do uprawy na stanowiskach zasolonych. *Wyd. AR w Poznaniu. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu.* – Vol. 37. – Pp. 233-238.

18. Zarzycki K., Trzczińska-Tacik H., Róžański W., Szelaż., Z., Wołek J., Korzeniak U., 2003: Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski. *Instytut Botaniki PAN, Kraków.* – Pp. 285.

**Врубель М., Наховіч К., Башуцька У. Флористичне різноманіття міських відвалів відходів на відтворених землях біля Щеціна (Західна Померанія, Польща)**

Наведено результати досліджень із документації флористичного різноманіття різновікових міських відвалів відходів перед здійсненням технічної й біологічної рекультивації. Польові дослідження виконано протягом 2009-2011 рр. на пробних площадках у підніжжі, на схилі та плато однорічного, 5-річного й 15-річного відвалів.

Визначення біологічного різноманіття за допомогою індексів Шенона-Вінера (H) та видової рівномірності (J) дало змогу встановити інтенсивність процесів синантропізації. Також охарактеризовано види різних життєвих форм за Раункієром, їх історичне й географічне походження, потребу в освітленні. Визначено толерантні види, здатні зростати в умовах засолення й присутності важких металів. Встановлено вплив віку відвалів на видове різноманіття флори, збільшення кількості гемікриптофітів, покращення кількості рослин, здатних нівелювати надмірне освітлення, засолення ґрунтів, присутність в них важких металів, покращуючи лісорослинні умови. Із збільшенням віку відвалів кількість терофітів зменшувалася. Аналіз видового різноманіття базувався на оцінках за індексами Шенона-Вінера (H), видової рівномірності (J), а також за кількістю видів при недостатніх значеннях для достовірної оцінки різниці біологічного різноманіття на пробних площадках, розташованих у підніжжі, на схилі та плато найстаршого (15-річного) та наймолодшого (однорічного) відвалів відходів. Таку різницю було встановлено між пробними площадками, розташованими на 5-річному відвалі.

**Ключові слова:** флористичне різноманіття, біологічна рекультивація, відвали відходів, синантропна флора, індекс різноманіття Шенона-Вінера.

**Врубель М., Наховіч К., Башуцька У. Флористическое разнообразие коммунальных отвалов на восстановленных землях возле Щецина (Западная Померания, Польша)**

Приведены результаты исследований по документации флористического разнообразия разновозрастных коммунальных отвалов отходов перед проведением технической и биологической рекультивации. Полевые исследования проводились в 2009-

2011 гг. на пробных площадках в подножье, на склоне и на верхнем плато однолетнего, 5-летнего и 15-летнего отвалов.

Определение биологического разнообразия с помощью индексов Шенона-Винера (H) и видовой равномерности (J) позволило установить интенсивность процессов синантропизации. Также дана характеристика разных жизненных форм за Раункієром, их историческое и географическое происхождение, необходимость света. Выявлены толерантные виды, которые могут расти в условиях засоления и присутствия тяжелых металлов. Установлено влияние возраста отвалов на видовое разнообразие флоры, увеличение числа гемікриптофитов, а также количества растений, способных нивелировать избыточное освещение, засоление почв, присутствие в них тяжелых металлов, улучшая лесорастительные условия. Из увеличением возраста отвалов количество терофитов уменьшалось. Анализ видового разнообразия основывался на оценках по индексам Шенона-Винера (H), видовой равномерности (J), а также по количеству видов при недостаточных значениях достоверной оценки разницы биологического разнообразия на пробных площадках, размещенных в подножье, на склоне и плато самого старого (15-летнего) и самого молодого (однолетнего) отвалов отходов. Такая разница установлена между пробными площадками, размещенными на 5-летнем отвале.

**Ключевые слова:** флористическое разнообразие, биологическая рекультивація, отвалы отходов, синантропная флора, индекс разнообразия Шенона-Винера.

УДК 581.[144.2+524+55]

Ст. наук. співроб. О.І. Величко,  
канд. біол. наук – Львівський НУ ім. Івана Франка

**ВПЛИВ БАКТЕРИЗАЦІЇ НАСІННЯ АКТИВНИМИ ШТАМАМИ RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM BV. TRIFOLII НА НОДУЛЯЦІЙНУ ЗДАТНІСТЬ РОСЛИН КОНЮШИНИ ЛУЧНОЇ У НАФТОЗАБРУДНЕНОМУ ҐРУНТІ**

Досліджено доцільність інокуляції насіння конюшини активними штамми *Rh. leguminosarum bv. trifolii* з метою формування бобово-ризобіальних симбіозів у нафтозабрудненому ґрунті. Встановлено, що забруднення ґрунту нафтою пригнічувало нодуляційну здатність рослин конюшини, а бактеризація насіння сприяла формуванню корневих бульбочок у забрудненому ґрунті. Ефективність формування симбіотичного партнерства у нафтозабрудненому ґрунті залежить від рівня забруднення ґрунту та використаного штаму бульбочкової бактерії.

**Ключові слова:** нафтозабруднений ґрунт, симбіоз, *Trifolium pratense* L.

Забруднення природного середовища внаслідок антропогенної діяльності є однією з ключових проблем сьогодення. Пошук адекватних методів оцінки еколого-токсикологічного стану та способів відновлення техногенно трансформованого середовища є невідкладним завданням сучасної прикладної науки. Залежно від виду забруднення до середовища потрапляють різноманітні токсичні речовини. Їх реципієнтами є атмосфера, водойми, підземні води, ґрунти. Забруднення ґрунтів можливе, зокрема, унаслідок розробки нафтогазових родовищ, перероблення видобутої сировини, а також – транспортування отриманих продуктів. У разі потрапляння нафти та нафтопродуктів до ґрунтового покриву, крім нагромадження у ньому токсичних елементів, виникає його стійка гідрофобізація, засоленість та анаерованість. Адаптація вищих рослин до екстремальних умов нафтозабрудненого ґрунту є властивістю видоспецифічною. З даних літератури відомо, що для більшості рослин пригнічення процесу проростання насіння і росту проростків розпочинається, коли кількість нафтових вуг-