

2. Використання електромагнітного фазового методу дає змогу виявляти наявні дефекти ізоляції підземних газопроводів, які розміщуються у ґрунтах різних типів.

### Література

1. Цих В.С. Розроблення методу та засобу контролю дефектів ізоляції підземних трубопроводів : дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.11.13 – "Прилади і методи контролю та визначення складу речовин" / Цих Віталій Сергійович. – Івано-Франківськ, 2014. – 155 с.
2. Джала Р.М. Безконтактний метод і апаратура для оперативних обстежень підземних трубопроводів / Р.М. Джала, Л.П. Дикмарова, Б.Я. Вербенець, П.М. Хлипняч // Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин : зб. наук. ст. – К. : Вид-во ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ, 2006. – С. 57-61.
3. Методика оценки фактического положения и состояния подземных трубопроводов: ВРД 39-1.10-026-2001. – М. : Изд-во ВНИИГАЗ, 2001. – 62 с.
4. Яворський А.В. Розроблення методу та системи для безконтактного контролю стану ізоляції промислових нафтогазопроводів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.11.13 – "Прилади і методи контролю та визначення складу речовин" / Яворський Андрій Вікторович, ІФНТУНГ. – Івано-Франківськ, 2005. – 20 с.
5. Мухлинін С.М. Вдосконалення методів та засобів контролю якості ізоляційного покриття трубопроводів, що знаходяться у вологих ґрунтах та під водою : дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.11.13 – "Прилади і методи контролю та визначення складу речовин" / Мухлинін Сергій Михайлович. – К. : Вид-во "Либідь", 2012. – 192 с.
6. ДСТУ 4219-2003. Трубопроводи сталеві магістральні. Загальні вимоги до захисту від корозії. – К. : Вид-во Держспоживстандарт України, 2003. – 68 с.

Надійшла до редакції 17.11.2016 р.

### **Яворский А.В., Побережный Л.Я., Цих В.С., Вацшишак И.Р. Влияние характеристик почвы на выявление повреждений изоляции газопроводов**

Описаны проблемы, которые возникают при контроле состояния изоляционного покрытия подземных газопроводов. Среди возможных дефектов изоляционного покрытия выделены сквозные повреждения и отслоение изоляции. Получена аналитическая модель зависимости между удельным сопротивлением почвы и величиной фазового сдвига сигнала. Приведены графические зависимости сдвига фазы при наличии отслоений изоляционного покрытия подземных газопроводов, которые размещаются в почвах с разным удельным сопротивлением. Предложена схема применения электромагнитного фазового метода контроля изоляционного покрытия подземных газопроводов, расположенных в почвах различных типов.

**Ключевые слова:** подземный газопровод, изоляционное покрытие, дефект, техническое состояние, сдвиг фазы.

### **Yavorsky A.V., Poberezhny L.Ya., Tsikh V.S., Vaschishak I.R. The Influence of Soil Characteristics on Identification of the Damage of Gas Pipelines Insulation**

The problems that arise when controlling the insulation coating of underground pipelines are described. Among the possible defects insulating coating we have distinguished transverse damage and delamination isolation. An analytical model of dependence between the resistivity of the soil and the magnitude of the phase shift of the received signal is obtained. An image depending of a phase shift in the presence of delamination of insulating coating of underground pipelines, which are placed in soils with different resistivity, is illustrated. The scheme for applying electromagnetic phase control method insulating coating of underground pipelines located in soils of different types is presented.

**Keywords:** underground pipeline, insulation coating, defect, technical condition, the phase shift.

УДК 502.[13+5]:582.689.2(477:292.44/.45)

### **RECOMMENDATIONS FOR THE CONSERVATION OF SOME RARE ARCTIC-ALPINE PLANT SPECIES IN THE CHORNOHORA MOUNTAINS (UKRAINIAN CARPATHIANS)**

**R.M. Cherepanyn<sup>1</sup>**

The influence of external factors on populations of rare arctic-alpine plant species was analysed. We revealed the negative impact of intensive trampling and grazing pressure on the structure of populations. We also found the positive effect of moderate trampling and availability of microsites in habitats of *Loiseleuria procumbens* and *Salix herbacea* populations. We have proposed to protect populations of *Pedicularis oederi* and *Lloydia serotina* through controlling demutation processes in ecosystems and through conserving natural conditions in the habitats, and if it is necessary to carry out actions of the active protection. It is important to control the abundance of regime on the natural protected area to conserve the habitat of *Saussurea alpina* on the Petros Mountain. We revealed that it was necessary to eliminate recreational load on the population of *Saussurea alpina* on the Brebeneskul Mountain by creation of the main tourist route through the roundabout path. It was established that the reproductive parameters of populations, in particular, the number of generative shoots, the coefficient of generative reproduction and recovery index, could be used as sensitive indicators of anthropogenic changes.

**Keywords:** rare arctic-alpine species, exogenous factors, the conservation of populations, Chornohora Mountains (the Ukrainian Carpathians).

**Introduction.** Arctic-alpine plants are a special group of organisms, which play an important role in ecosystems of Arctic and subarctic regions and also in mountains of the Northern Hemisphere. The nature of the distribution of these species caused by fluctuations in the levels of continental glaciers, climate changes and the formation of the landscape in the Holocene [18]. Arctic-alpine species in ukrainian flora distributed mainly in the Carpathians. Highland plants – organisms with characteristic morphology and physiology that are the result of adaptive evolution to the peculiar conditions of existence [20]. Arctic-alpine species take special place in the flora of the Ukrainian Carpathians. There are a large part of common, coenotic forming and rare species among them in the Ukrainian Carpathians [19]. There are also many relics and endangered species among the arctic-alpine plants. Arctic-alpine element of flora is presented of 67 species in the Ukrainian Carpathians, or it is about 7.4 % of the highland flora [14, 21, 22]. 55 species of them have Holarctic type of area, 3 species – with Eurasian area, 6 species – Euro-American area and 3 species – European area.

Many rare arctic-alpine plants are confined to the glacial landforms – ancient glacial boilers and rocky ridges of mountain ranges. Geographic massif that characterized of such landscapes, not so much in this region. Basically refuges for rare arctic-alpine plant species serve Chornohora, Svydovets, Marmarosh and Chyvchyny mountains. They also occur on other areas, but listed above areas are centers of their distribution in Ukraine.

Changes of natural conditions and active human exploration of subalpine and alpine zones lead often to the formation of an unfavorable environment for rare plant species and for self-regeneration of their populations. It is established that the viabi-

<sup>1</sup> assistant R. M. Cherepanyn, PhD in biology – Precarpathian National University named after Vasyl Stefanyk

lity of populations of many species decreases due to anthropogenic pressure [5, 7, 8, 10]. Obviously, that the increasing of human impact in highlands affects on the populations of rare arctic-alpine species. Useful and aesthetic properties of many of them led to their extensive use by man. The result of this is reducing of the square of distribution, changes in population structure and other negative processes [1, 6]. There are a lot of populations among arctic-alpine plants that are represented by small number of individuals or small square of their habitats. These species are particularly vulnerable to exogenous disturbances and stochastic environmental changes [16].

Therefore the studying of changes of structure of such populations under the influences of natural and anthropogenic disturbances is actual. So the purpose of our research is to establish the impact of natural and anthropogenic factors on populations of rare arctic-alpine species, and develop recommendations for their conservation.

**Materials and methods.** The objects of our investigation are population of the next rare arctic-alpine species, in particular: *Anemone narcissiflora* L., *Bartsia alpina* L., *Cerastium lanatum* Lam., *Dryas octopetala* L., *Lloydia serotina* (L.) Reichenb., *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv., *Pedicularis oederi* Vahl, *Salix herbacea* L., *Saussurea alpina* (L.) DC. Of these *Anemone narcissifolia*, *Dryas octopetala*, *Lloydia serotina*, *Loiseleuria procumbens*, *Pedicularis oederi*, *Salix herbacea* і *Saussurea alpina* are listed in the Red Book of Ukraine [23]. The remaining species proposed in the Red Book of the Ukrainian Carpathians [17]. The studied species belonging to 9 genus and 8 families.

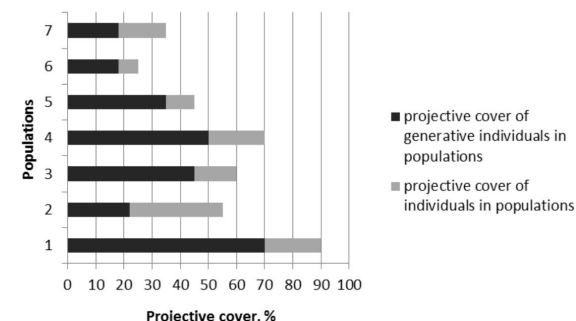
The researches were realized in subalpine and alpine zones of Chornohora Mountains in the Ukrainian Carpathians. We used permanent research plots and a method of accounting on the route to obtain several years of data. Was applied the mapping method and method of labeling of individuals. Habitat area, altitude, slope exposition, density and number of individuals, projective cover, etc. were identified for populations. Much attention was paid to demographic aspects, including such parameters as age structure, ontogeny and vitality of individuals, reproduction and sexual structure during the study of populations [15].

Laboratory germination was investigated by germination of seeds for 120 days under room temperature and lighting. Seeds were germinated also after ultraviolet irradiation (wavelength ( $\lambda$ ) – 253,7 nm), which lasted for 1 minute, and after 60 minutes of irradiation with light red spectrum ( $\lambda = 668$  nm; density of irradiation  $P = 0.6-0.8$  mW/cm<sup>2</sup>). Part of seeds were subjected to influence of cold stratification. Seeds were frozen in a freezer for 15 and 30 days at -10 °C.

Were used passive experiments and methods developed for rare plant species during the research the reactions of the rarest species on impact of natural and anthropogenic factors [12]. We were used passive experiments with partial damage of individuals in populations, simulating the trampling, grazing or picking of plants. We also used experiments with point disturbances of soil and grass cover in populations for less rare species. Index of recovery in populations is calculated as relation of the number of pregenerative individuals to generative individuals. The coefficient of generative reproduction in populations defined as ratio of number of generative individuals to adults individuals and expressed in a percentage [11].

**Results and discussion.** Established that coefficient of generative reproduction, density of species and seed production are reduced, but vegetative reproduction is activated under grazing and trampling in populations of *Anemone narcissiflora* and *Bartsia alpina*. In particular, the coefficient of regeneration in populations of *Anemone narcissiflora* not far from Nesamovyte lake (south-western slope, 1600-1800 m above sea level) amount 50-60 %, and in the population on Goverla mountain (south-eastern slope, 1800-1900 m above sea level), which is exposed by human impact, coefficient of regeneration falls to 28,6 %. Left sided age spectrums and activation of vegetative regeneration are observed under conditions of human impact on populations. Intensive trampling has negative impact on populations of *Loiseleuria procumbens* and *Dryas octopetala* – projective cover of individuals and indexes of annual growth of shoots, density of species and number of generative shoots are reduced in the populations (fig. 1). In a dense covering plant conditions with *Juncus trifidus* L. and *Festuca airoides* Lam. reduced density of species, projective covering and percentage of flowering shoots in rare arctic-alpine species.

But not always human pressure has a negative effect. For example, the reduction of grass and denudation of the soil surface due to moderate anthropogenic influences, can stimulate generative reproduction overgrowth of vegetative shoots in populations of *Salix herbacea* (fig. 1). Small local disturbances stimulate flowering of *Saussurea alpina*. In particular, in the population of *Saussurea alpina* on Brebeneskul mountain (north-western slope, 2000 m above sea level), which grows on meadows, over the past 15 years there was no observed generative reproduction [13]. Due to experiment with local point disturbances of soil and grass cover, we observed blooming of 10 individuals in the next vegetative seasons. Generative reproduction is not due to elimination of competition from other species, because plants bloomed at a distance of 6 meters from the places of experiment realization (fig. 2). Mechanisms of such reactions on mentioned above exogenous influences require further study.



**Fig. 1. Projective cover of individuals in populations under different conditions:** 1) *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv. (conservation, Brebeneskul mt., north-eastern slope), 2) *L. procumbens* (trampling, Brebeneskul mt., north-western slope), 3) *Dryas octopetala* L. (trampling, Brebeneskul mt.), 4) *D. octopetala* (conservation, Pip Ivan mt.), 5) *Salix herbacea* L. (trampling, Brebeneskul mt., north-western slope), 6) *S. herbacea* (conservation, Brebeneskul mt., north-eastern slope), 7) *S. herbacea* (conservation, Petros mt.)

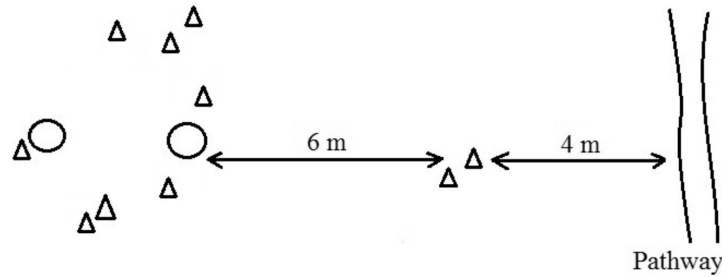


Fig. 2. Experiment with point disturbances of soil and grass cover in populations of *Saussurea alpina* (L.) DC. on the Brebeneskul mt.: ○ – places of disturbances of soil and grass cover; Δ – generative individuals

The conservation of the natural conditions in the habitat is important in the highlands of the Ukrainian Carpathians. In accordance with the Berne Convention and Habitat Directive conservation of natural habitats of species and to ensure conditions for their reproduction is one of the important mechanisms for the protection of biodiversity [2, 3]. That's why conservation of subalpine and alpine habitats is also priority task in protection of rare arctic-alpine plant species.

The conservation of the natural conditions in the habitats is important for populations of *Pedicularis oederi* and *Lloydia serotina*. Contravention of ecotypes and changing of the properties of habitat are the most threatening factors for these species. For example, drying of mesophytic meadows and alpine bogs may result in a decrease the volume of a single ukrainian population of *Pedicularis oederi* between Brebeneskul and Munchel mountains (south-western slope, 1950 m above sea level). A narrow ecological-coenotical amplitude of *Lloydia serotina* and overgrowing of it ecotypes by *Pinus mugo* Turra due to the raising of upper limit of the forest, leading to reducing the number of individuals, index of recovery and narrowing of the square of small amount habitats of this species. In particular, population of *Lloydia serotina* on the Velyki Kizly ridge (north-western slope, 1710 m above sea level), which has about 30 individuals of which 15 is generative individuals, grows on poor rocky substrate and rocky areas. Recovery index in population is 0.6. Square of the habitat is 25 m<sup>2</sup>. Therefore, it is important to control demutation processes in unique ecosystems and populations to conserve endangered plants and if it is necessary to pursue active protection measures – to remove more competitive and aggressive species.

Also, it is important to compliance with applicable environmental regime established within protected areas for the conservation of endangered species. For example, population of rare *Saussurea alpina* on Petros mountain (Chornohora array, north-eastern slope, 1820 m above sea level), exposed by pastoral load. Grazing of cattles causes a decreasing number of individuals in population, aging of population, breaks in flowering of generative individuals and reducing their vitality. In particular, it was observed a weakening of flowering of individuals. We found only from 3 to 7 blooming individuals in 2015 and 2016 years. Whereas in previous vegetative seasons we observed 60 flowering individuals. Self-maintenance of population is due to vegetative reproduction now.

Hiking trail passes through the population of *Saussurea alpina* on Brebeneskul mountain in Chornohora. Considering the extraordinary value of the habitat where the only ukrainian population *Callianthemum coriandrifolium* Reichenb. exists and also grow rare *Rhodiola rosea* L. and *Ranunculus thora* L., recreational impact on this territory need to be reduced significantly. This can be achieved by furnishing of the tourist route through the roundabout path, which runs below the habitat.

It is important to determine the critical living conditions of populations during planning of nature protection measures. Suitable for this may be information about the regeneration niche of species, which is often much more narrow than ecological niche of adults individuals [4]. Therefore the possibility of realization of the regeneration niche can be a determining factor for the existence of populations [9]. During processing measures of reintroduction of species is necessary to consider information about their eco-coenotic strategy and spatial variability of regenerative niche because ecological niche of generative individuals may differ significantly from niche of posterity. For example, favorable conditions for reproduction of adults individuals may have negatively influence on the development of seedlings and vice versa [13].

High seed germination of populations *Cerastium lanatum* and *Loiseleuria procumbens* established. Seed germination dynamics in spatial components significantly varies due to the different environmental and phytocoenotic conditions in populations of *Loiseleuria procumbens* (fig. 3). It can be expression of different ways of adaptation and realization of regeneration niches under the conditions of various factors in habitats. Revealed that cold stratification and ultraviolet radiation increases seeds germination of *Dryas octopetala* and changes the dynamics of germination *Loiseleuria procumbens*. Exposure of red light spectrum and ultraviolet irradiation have adversely affect on seeds germination of *Saussurea alpina*.

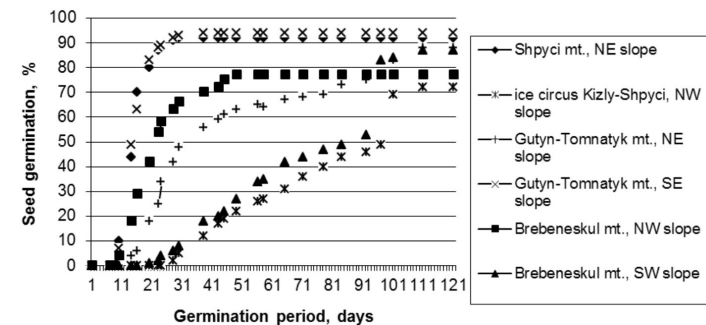


Fig. 3. Dynamics of seed germination of *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv. from several habitats

It is important to conduct further monitoring of populations of rare arctic-alpine species in the highland of Ukrainian Carpathians to determine their viability, for creating the prognostic model of their future existence and identification measures of conservation under the different conditions of the environment and human impact. It is important to eliminate human impact on populations with low vitality and species

with significant level of rarity. This is especially concerns for grazing, trampling, picking and uprooting of plants.

For efficient assessment status of populations of rare arctic-alpine species it is necessary to conduct monitoring of major structural and functional parameters on concrete stationary plots. It is important to use the next indicators as a most informative criterias: the area of population, general and effective number of individuals in the population, coefficient of regeneration and index of recovery, density of generative and vegetative individuals, types of spatial distribution of individuals. Morphometric studies should be carried out in the field without removing individuals in order to reduce the negative impact on populations.

**Conclusions.** Thus, reproductive parameters of populations, in particular, the number of generative shoots, coefficient of generative reproduction and recovery index can be used as sensitive indicating signs of anthropogenic changes.

The results about seeds reproduction of *Cerastium lanatum*, *Dryas octopetala*, *Loiseleuria procumbens* and *Saussurea alpina* can be used for the cultivation of rare arctic-alpine species in culture and their subsequent reintroduction to natural localities. Information about factors that promote or inhibit the generative reproduction, for example local point disturbances or damages of soil and grass cover, can help managing the ontogenesis of species during their cultivation and conservation.

Considering that a large part of populations of rare arctic-alpine species in particular *Anemone narcissifolia*, *Dryas octopetala*, *Lloydia serotina*, *Loiseleuria procumbens*, *Pedicularis oederi*, *Salix herbacea*, *Saussurea alpina* are extended on Chornohora array from the Brebeneskul mountain to the Pip Ivan mountain, it is important to expand the squares of protected areas in the south-eastern part of the ridge.

**Acknowledgement.** I wish to express my sincere gratitude to "The Rufford Foundation" for providing the opportunity of realizing the project "Status and structure of populations of rare arctic-alpine plant species in highland ecosystems of Ukrainian Carpathians" (RSG 19611-1). This article was prepared within the aforementioned project.

## Literature

1. Biodiversity Conservation in Transboundary Protected Areas // Edited by Breymeyer Alicja, Noble Reginald. – Washington : National Academy Press, 1996. – 279 p.
2. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. – 1979, E. T. S. 104; IEL-MT 979: 70.
3. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora // Official Journal of the European Communities. 22.07.1992. – N L 206. – Pp. 7-50.
4. Stephen T. Jacksona. Ecology and the ratchet of events: Climate variability, niche dimensions, and species distributions / Stephen T. Jacksona, Julio L. Betancourt, Robert K. Boothc, Stephen T. Grayd // PNAS November 17. – 2009. – Vol. 106, suppl. 2. – S. 19685-19692.
5. Mingyu Yang. Impacts of recreational trampling on sub-alpine vegetation and soils in Northwest Yunnan, China / Yang Mingyu, Luc Hens, Ou Xiaokun, Robert Wulf // Acta Ecologica Sinica. 29. – 2009. – Pp. 171-175.
6. Perzanowska J. Monitoring gatunków roślin. Przewodnik metodyczny. Część III. / Perzanowska J. (red.). – Warszawa : GIOŚ, Biblioteka monitoringu środowiska. – 2012. – Str. 192-202.
7. Prędko R. Charakterystyka i zakres zagrożeń w piętrze wysokogórskim Bieszczadzkiego Parku Narodowego / R. Prędko, T. Winnicki // Roczniki Bieszczadzkie, 14. – 2006. – Str. 267-283.
8. Dumitrașcu M. Trampling effects on plants species morphology / M. Dumitrașcu, A. Marin, E. Preda [and other] // Bucharest: Rom. J. Biol, Plant Biol. – 2010. – Vol. 5, No. 2. – S. 89-96.

9. Wake D.B. Biogeography, changing climates, and niche evolution / D.B. Wake, E.A. Hadly, D.D. Ackerly // PNAS. November 17. – 2009. – Vol. 106, suppl. 2. – Pp. 19631-19636.

10. Wojtuń B. Wartości przyrodnicze, zagrożenia i ochrona ekosystemów wysokogórskich Karakonoskiego Parku Narodowego / B. Wojtuń // Geoekologicke problémy Krkonoš. Sborn. Mez. Věd. Konf., říjen 2006, Svoboda n. Úrou. Opera Corcontica, 44/1. – 2007. – S. 23-33.

11. Царик Й. Генеративне розмноження популяцій рослин високогір'я Карпат як ознака їхньої життєздатності / Й. Царик, В. Кияк, Р. Дмитрах та ін. // Вісник Львівського національного університету ім. Івана Франка. – Сер.: Біологічна. – Львів : Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка. – 2004. – Вип. 36. – С. 50-56.

12. Голубев В.Н. К методике эколого-биологических исследований редких и исчезающих растений в естественных растительных сообществах / В.Н. Голубев // Бюллетень Никитского бот. саду. – 1982. – Вып. 47. – С. 11-16.

13. Кияк В.Г. Репродуктивна ніша популяції / В.Г. Кияк // Біологічні студії : зб. наук. праць. – 2013. – Т. 7, № 3. – С. 233-246.

14. Малиновський К.А. Рослинність високогір'я Українських Карпат / К.А. Малиновський. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1980. – 280 с.

15. Марков М.В. Популяционная биология растений : учеб.-метод. пособ. / М.В. Марков. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1986. – 110 с.

16. Царик Й.В. Реакції на антропогенний вплив популяцій видів рослин, що перебувають під загрозою зникнення у високогір'ї Карпат / Й.В. Царик, В.Г. Кияк, Ю.Й. Кобів та ін. // Фундаментальні орієнтири науки. – Сер.: Біологія та науки про Землю і навколишнє середовище. – К. : Вид-во "Академперіодика", 2005. – С. 168-177.

17. Малиновський К.А. Рідкісні, ендемічні, реліктові та погранично-ареальні види рослин Українських Карпат / К.А. Малиновський, Й.В. Царик, В.Г. Кияк, Ю.Й. Нестерук. – Львів : Вид-во "Ліга-Прес", 2002. – 76 с.

18. Сенчина Б.В. Еколого-географічні закономірності поширення популяцій аркто-альпійських видів рослин в Українських Карпатах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук / Б.В. Сенчина. – Львів, 2001. – 19 с.

19. Сенчина Б. Сучасний стан і проблеми збереження аркто-альпійських видів рослин в Українських Карпатах / Б. Сенчина // Праці Наукового товариства ім. Шевченка. Екологічний зб.: Екологічні проблеми Карпатського регіону. – Львів : Вид-во НТШ. – 2003. – Т. XII. – С. 266-275.

20. Царик Й.В. Стратегія популяцій рослин у природних і антропогеннозмінених екосистемах Карпат / Й.В. Царик, К.А. Малиновський, Г.Г. Жилиєв та ін.; за ред. М. Голубця, Й. Царика. – Львів : Вид-во "Свросвіт", 2001. – 160 с.

21. Тасенкевич Л. Розмаїття флори судинних рослин в Українських Карпатах / Л. Тасенкевич // Праці Наукового товариства ім. Шевченка. Екологічний зб.: Екологічні проблеми Карпатського регіону. – Львів : Вид-во НТШ. – 2003. – Т. XII. – С. 147-157.

22. Тасенкевич Л.О. Ареалогічна структура флори судинних рослин Карпат / Л.О. Тасенкевич // Наукові записки Державного природознавчого музею : зб. наук. праць. – 2005. – Вип. 21. – С. 11-28.

23. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я.П. Дідуха. – К. : Вид-во "Глобалконсалтинг", 2009. – 900 с.

Надійшла до редакції 14.12.2016 р.

## Черепанин Р.М. Рекомендації щодо збереження деяких рідкісних аркто-альпійських видів рослин у Чорногорі (Українські Карпати)

Розглянуто вплив зовнішніх факторів на популяції рідкісних аркто-альпійських видів рослин. Відзначено негативний вплив інтенсивного витоптування та пасквального навантаження на структуру популяцій. Встановлено позитивний вплив помірному витоптування та наявності вільних мікроніш в оселищі на популяції *Loiseleuria procumbens* та *Salix herbacea*. Запропоновано для охорони популяцій *Pedicularis oederi* і *Lloydia serotina* контролювати демутаційні процеси та зберігати природні умови в оселищах, а за потреби здійснювати заходи активної охорони. В оселищі *Saussurea alpina* на г. Петрос важливим є дотримання заповідного режиму. У популяції *Saussurea alpina* на г. Бребенескул потрібно усунути рекреаційний прес шляхом облаштування основного туристичного маршруту через обхідну стежку. Встановлено, що репродуктивні параметри популяцій,

зокрема чисельність генеративних пагонів, коефіцієнт генерування та індекс відновлення, можна використати як чутливі індикаторні ознаки антропогенних змін.

**Ключові слова:** рідкісні аркто-альпійські види рослин, екзогенні чинники, збереження популяцій, Українські Карпати.

### **Черепанин Р.М. Рекомендации по сохранению некоторых редких аркто-альпийских видов растений в Черногоре (Украинские Карпаты)**

Рассмотрено влияние внешних факторов на популяции редких аркто-альпийских видов растений. Отмечено негативное влияние интенсивного вытаптывания и пастбищной нагрузки на структуру популяций. Установлено положительное влияние умеренного вытаптывания и наличия свободных микронош в местообитаниях на популяции *Loiseleuria procumbens* и *Salix herbacea*. Предложено для охраны популяций *Pedicularis oederi* и *Lloydia serotina* контролировать демутиационные процессы и сохранять природные условия в местообитаниях, а при необходимости проводить мероприятия активной охраны. В местообитаниях *Saussurea alpina* на г. Петрос важным является соблюдение заповедного режима. В популяции *Saussurea alpina* на г. Брэбэнэскул необходимо устранение рекреационного пресса путем обустройства основного туристического маршрута через обходную тропу. Установлено, что репродуктивные параметры популяций, в частности, численность генеративных побегов, коэффициент генерирования и индекс восстановления, можно использовать как чувствительные индикаторные признаки антропогенных изменений.

**Ключевые слова:** редкие аркто-альпийские виды растений, экзогенные факторы, сохранение популяций, Украинские Карпаты.

## **3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ**

УДК 66.047.45

### **КІНЕТИКА ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ПОДРІБНЕНОГО МІСКАНТУСА**

**В.М. Атаманюк<sup>1</sup>, М.І. Мосюк<sup>2</sup>, О.С. Іващук<sup>3</sup>, О.В. Захарків<sup>4</sup>**

Наведено результати експериментальних досліджень кінетики і динаміки фільтраційного сушіння подрібненого міскантуса та отримано криві, що описують зміну вологості матеріалу в часі залежно від властивостей висушуваного матеріалу (за зміни температури сушильного агента (40, 60, 80 °С), зміни висоти шару (40, 80, 100, 120, 140 мм) та зміни швидкості фільтрації сушильного агента (0,6, 1,14, 1,6, 2,05 м/с)). Результати досліджень на основі теоретичних та експериментальних даних спрямовано на покращення процесу сушіння подрібненого міскантуса у стаціонарному шарі.

**Ключові слова:** кінетика, динаміка, міскантус, швидкість фільтраційного сушіння.

**Постановка проблеми.** Використання альтернативних джерел енергії є одним із найперспективніших шляхів вирішення зростаючих проблем енергозабезпечення країни. Біомаса є джерелом відновлюваної енергії, здатне замінити всі види викопного палива і є у необмеженій кількості практично скрізь. Біомаса може забезпечувати виробництво теплової, електричної енергії та різних видів твердого палива. Розвиток біоенергетичних технологій зменшить залежність України від імпортованих енергоносіїв, підвищить її енергетичну безпеку внаслідок організації енергопостачання на базі місцевих поновлюваних ресурсів, створить значну кількість нових робочих місць (переважно у сільських районах), зробить великий внесок у покращення екологічної ситуації.

Як відомо, у сфері біоенергетики для виготовлення твердого біопалива використовують швидкорослі дерева і багаторічні трави зі швидким відновленням після збирання та високими приростами врожаю біомаси. Ці культури є маловимогливими до ґрунтово-кліматичних умов, внаслідок багаторічного вирощування покращують структуру та властивості ґрунту. До таких рослин належать: енергетична верба, енергетична тополя, міскантус, світчграс (просо лозоподібне), сіда багаторічна тощо [1].

У країнах Центральної та Західної Європи активно розвивається виробництво та використання енергетичних біопаливних культур. Однією з таких рослин є міскантус або т. зв. "слонова трава".

**Міскантус** – багаторічна злакова культура, що належить до групи рослин С<sub>4</sub>. Це рослина з чотириметровим стеблом і волосистим суцвіттям без насіння, що росте до 4 м у висоту та містить 64-71 % мас. целюлози, а вміст золи становить 2,2 % мас. Теплотворна здатність – 17 МДж/кг [2]. Міскантус невибагливий до кліматичних умов, не потребує додаткових удобрень; збирати врожай

<sup>1</sup> проф. В.М. Атаманюк, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

<sup>2</sup> асист. М.І. Мосюк, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

<sup>3</sup> ст. наук. співроб., асист. О.С. Іващук, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

<sup>4</sup> магістрант О.В. Захарків – НУ "Львівська політехніка"