

Виталитетная структура популяции является ее важной характеристикой. Исследованиями охвачены популяции пяти видов растений лесных экосистем Национального природного парка «Деснянско-Старогутский»: *Aegopodium podagraria* L., *Asarum europaeum* L., *Carex pilosa* Scop., *Molinia caerulea* (L.) Moench., *Stellaria holostea* L. Сравнительный анализ виталитетной структуры популяций клонообразующих растений травянистого яруса в лесных ассоциациях показывает, что их виталитетные спектры широко варьируют, а это свидетельствует о чувствительности виталитетной структуры популяций к эколого-ценотическим условиям и обуславливает высокую информативную ценность виталитетного анализа. Полученные оценки виталитетной структуры популяций исследуемых видов, которые являются доминантами в лесных экосистемах Национального природного парка «Деснянско-Старогутский», могут быть исходными показателями при организации мониторинга в этом национальном парке и для сравнения состояния популяций до введения режима заповедности и после.

**Ключевые слова:** лесные экосистемы, виталитетный анализ, популяции.

**Kovalenko Igor. Features Population Structure of Dominant Herbaceous Tier in Forest Ecosystems of National Natural Park «Desnyansko-Starogutsky» (on the Basis of Vitality Analysis).** Population studies include many ways with the help of which one can evaluate the status of populations. One of the most promising and generally accepted ways is vitality analysis. Vitality analysis is undertaken to assess the viability of plant species on the basis of morphogenetic characteristics with the subsequent setting up of the ratio in the number of individuals of different vitality in a population. The basis of vitality analysis is the idea that a production process, growth and morphological structure of species defined in quantitative assessments provide a summary evaluation of its vital state. The goal of our study is to make vitality analysis of populations of five species of dominant herbaceous tier that grow in National Natural Park «Desnyansko-Starogutsky»: *Aegopodium podagraria* L., *Asarum europaeum* L., *Carex pilosa* Scop., *Molinia caerulea* (L.) Moench., *Stellaria holostea* L. The resulting estimates of the vitality structure of populations of clone formative plants of subshrub layer of forests of the North-East of Ukraine can be considered quite reliable because they are based, in general, on the complete analysis of the morphological structure of 600 individuals of the species studied. The statistical reliability of the estimates of vitality structure of populations is primarily in the amplitude of 70–99 %, and only in some cases – below 70 %.

**Key words:** vitality structure, populations, forest ecosystems.

Стаття надійшла до редколегії  
11.10.2015 р.

УДК 574:630.16

*Юрій Мандро,  
Михайло Вінічук*

### **Деревний попіл як засіб зниження переходу $^{137}\text{Cs}$ із ґрунту в рослини горобини звичайної (*Sorbus aucuparia* L.) та крушини ламкої (*Rhamnus frangula* L.) в лісових екосистемах Полісся України**

Показано вплив деревного попелу на перехід  $^{137}\text{Cs}$  із ґрунту в молоді пагони й листя горобини звичайної та крушини ламкої протягом періоду вегетації в лісових екосистемах Полісся України, забруднених радіонуклідами в результаті аварії на Чорнобильській АЕС. Здійснено порівняльний аналіз ефективності застосування калійного добрива, деревного попелу і їх поєднання як засобів зниження переходу радіоцезію з ґрунту в рослини в перший та другий рік після внесення.

**Ключові слова:** *Sorbus aucuparia* L., *Rhamnus frangula* L.,  $^{137}\text{Cs}$ , період вегетації, деревний попіл, калійне добриво.

**Постановка наукової проблеми та її значення.** Чорнобильська катастрофа істотно вплинула на стан довкілля більшості європейських країн. За підрахунками експертів, під час вибуху на четвертому енергоблоці ЧАЕС в атмосферу викинуто радіонукліди сумарною активністю понад 50 МКі. Лише випадіння радіоактивного цезію ( $^{137}\text{Cs}$ ) становили 15 ПБк у Білорусі, 13 ПБк в Україні й 29 ПБк у Росії. Решта, 27 ПБк, – в інших європейських країнах [1, с. 14–15]. Основний удар радіоактивного забруднення прийняли ліси, зігравши роль природних фільтрів. Оскільки масштабні контрзаходи в лісових екосистемах вивчалися мало та майже не проводились, останні й досі

залишаються концентраторами радіоактивних випадів. У результаті радіоактивного забруднення значні площі лісів були повністю або частково вилучені з господарського використання. Лише в Житомирській області радіоактивно забруднена площа лісів у 2011 р. складала 316,9 тис. га, або 42,4 % площі лісів [2, с. 224], урахувавши очищення за рахунок фізичного розпаду радіонуклідів. З огляду на приведені вище очевидні потреби подальшого дослідження лісових екосистем й розробки контрзаходів для ефективного лісокористування та забезпечення безпеки харчування населення.

**Аналіз досліджень цієї проблеми.** Одним із таких заходів може бути внесення в ґрунт калійних добрив. Калій – хімічний аналог  $^{137}\text{Cs}$  і тому може конкурувати з цезієм при його надходженні в рослини [3]. Ефективність цього методу на сільськогосподарських землях достатньо добре вивчена [4] і цей прийом унесений до переліку контрзаходів при забрудненні орних земель [5]. Водночас ефективність використання калійних добрив в умовах лісових екосистем досліджено недостатньо. Результати окремих дослідів свідчать, що калійне удобрення може зменшувати надходження радіоцезію в окремі види лісових трав, чагарників, кущів, грибів та хвойних порід [6, 7]. Іншим методом може бути внесення деревного попелу (Попіл). Він містить 3–6 % калію й низку інших макро- та мікроелементів, які можуть впливати на міграцію радіонукліду в системі ґрунт-рослина. Ефективність використання золи з такою метою також недостатньо вивчено [8, 9].

**Мета цієї роботи** – дослідити та порівняти вплив внесення калійного добрива й деревного попелу, а також їх поєднання на надходження  $^{137}\text{Cs}$  із ґрунту в типові лісові рослини, такі як горобина звичайна (*Sorbus aucuparia* L.) та крушина ламка (*Rhamnus frangula* L.).

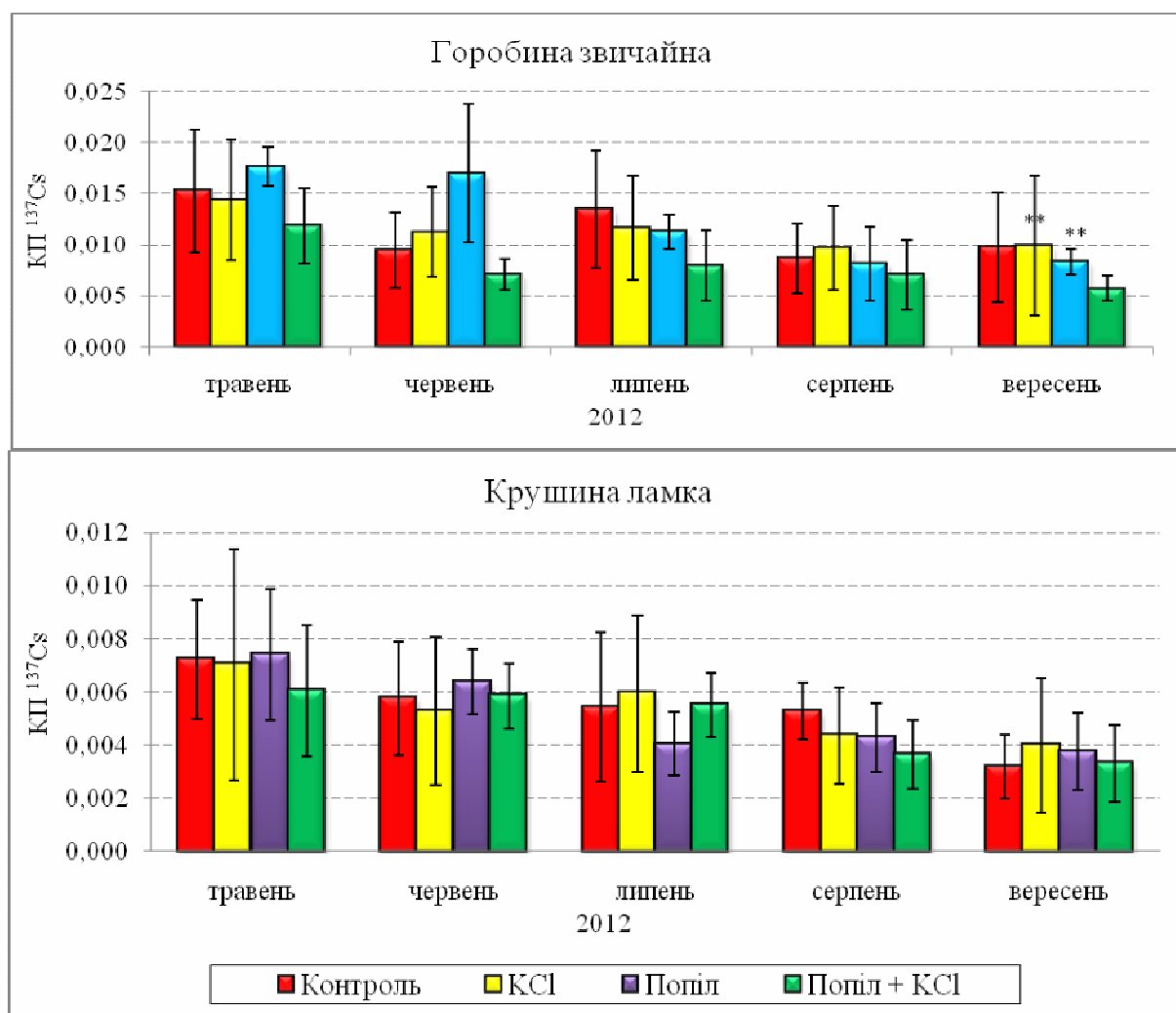
**Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.** Дослід закладено в лісових екосистемах Базарського лісництва Народицького р-ну Житомирської області із щільністю радіоактивного забруднення за  $^{137}\text{Cs}$  177-355 кБк/м<sup>2</sup> (5–9 Кі/км<sup>2</sup>). Дослідні ділянки (200 м<sup>2</sup>) розміщено рендомізовано на площі близько 0,6 га. Схему досліду представлено чотирма варіантами: 1 – контроль (без унесення добрив); 2 – калійні добрива (KCl); 3 – деревний попіл (Попіл); 4 – деревний попіл (50 %) і калійні добрива (50 %) – Попіл+KCl. Добрива та попіл вносили одноразово методом розсіювання по поверхні ґрунту вручну у квітні 2012 р. з розрахунку 100 кг/га діючої речовини калію. Протягом першого року (2012) зразки листя й молодих пагонів горобини та крушини відбиралися щомісяця в період із травня по вересень включно, а протягом другого року (2013) через місяць (травень, липень, вересень). Зразки висушено до повітряно-сухого стану, подрібнено та ретельно перемішано для набуття гомогенного стану й поміщено в пластмасові ємності (35 або 60 мл) для вимірювання вмісту  $\text{Cs}^{137}$ . Ґрунт відбирали металевим пробовідбірником із діаметром 57 мм і довжиною робочої частини 150 мм. Після висушування до повітряно-сухого стану ґрунт розмелювали в ступці та просіювали через сито 2 мм, після чого поміщали в такі ємності, як для рослин. Вимірювання питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  проводили, використовуючи HPGe і NaI-детектори. Час вимірювання кожного зразка забезпечував досягнення похибки не більше 5 % і тривав не довше 24 годин. Результати вимірювання оброблено за допомогою програм Windas, Microsoft Excel та Minitab (Minitab® 16.2.4Inc.). Коефіцієнт переходу (КП) радіоцезію з ґрунту в листя й молоді пагони обчислювали за формулою:

$$КП = \frac{Am}{As},$$

де:  $Am$  – питома активність  $^{137}\text{Cs}$  в одиниці сухої маси горобини/крушини (Бк/кг);  
 $As$  – щільність забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  (Бк/м<sup>2</sup>).

У результаті досліджень встановлено, що протягом першого року (2012) спостерігали коливання значень КП  $^{137}\text{Cs}$  для горобини й крушини як у бік зниження, так і підвищення відносно контролю (рис.1). Найінтенсивніше надходження радіоцезію в обох рослин на всіх варіантах збігається з періодами цвітіння (травень – для горобини та травень-червень – для крушини). Варіант «Попіл+KCl» відрізняється явним зниженням КП для горобини, яке спостерігали вже протягом першого року після внесення добрив (зниження на 23 % у травні, 41 % – у липні й 42 % – у вересні 2012) і тривало протягом другого року досліджень (зниження на 59 % у травні, 42 % – у липні та 52 % – у вересні 2013) (рис.1; 2). Для крушини тенденція зниження КП  $^{137}\text{Cs}$  на цьому ж варіанті була слабвираженою (лише в травні на 16 % і серпні – на 31 %) 2012 р., але добре помітна у 2013 (31 % – у травні, 44 % – у липні та 34 % – у вересні) (рис. 2). Помітний ефект зниження КП на варіанті «Попіл» для

крушини ламкої в другій половині періоду вегетації 2012–2013 рр. Так, у липні та серпні 2012 р. зниження становило 25 % і 19 % (рис. 1), у липні й вересні 2013 р. – відповідно, 4 % і 13 % (рис. 2). Для горобини звичайної на цьому варіанті незначне зниження КП  $^{137}\text{Cs}$  помічено у 2012 р., а саме: 16 % – у липні, 6 % – у серпні та 14 % – у вересні (рис. 1). Позитивний ефект застосування калійного добрива (варіант «КСІ») спостерігали для обох видів рослин лише на наступний рік після внесення. Для горобини у 2013 р. зниження КП  $^{137}\text{Cs}$  складало 49 % у травні, 30 % – липні та 20 % – у вересні, а для крушини – відповідно, 21; 31 і 9 % (рис. 2). Протягом першого року ефекту зниження КП  $^{137}\text{Cs}$  для обох рослин на цьому варіанті не виявлено. Більше того, унесення КСІ спричинило незначні підвищення КП  $^{137}\text{Cs}$  (у червні й серпні – для горобини, у липні та вересні – для крушини) у 2012 р. Отже, ефективність унесення добрив і попелу виявилася різною. Поєднання калійних добрив і попелу забезпечує ефект зниження надходження радіоцезію в досліджувані деревні породи вже в перший рік після їх унесення. На другий рік після внесення добрив та попелу позитивний ефект їх комбінованого застосування підсилюється. Ефективність унесення попелу виявилася дещо нижчою. Калійне добриво спричиняє коливання КП  $^{137}\text{Cs}$  для обох рослин як у бік зростання, так і зниження протягом першого року й чітко виражене зниження КП протягом наступного.



**Рис. 1.** Середні значення ( $n = 3-4$ ) КП  $^{137}\text{Cs}$  із ґрунту в листя та молоді пагони горобини звичайної (*Sorbus aucuparia L.*) та крушини ламкої (*Rhamnus frangula L.*) протягом 2012 р.

\*\* Дані представлено двома повторностями.

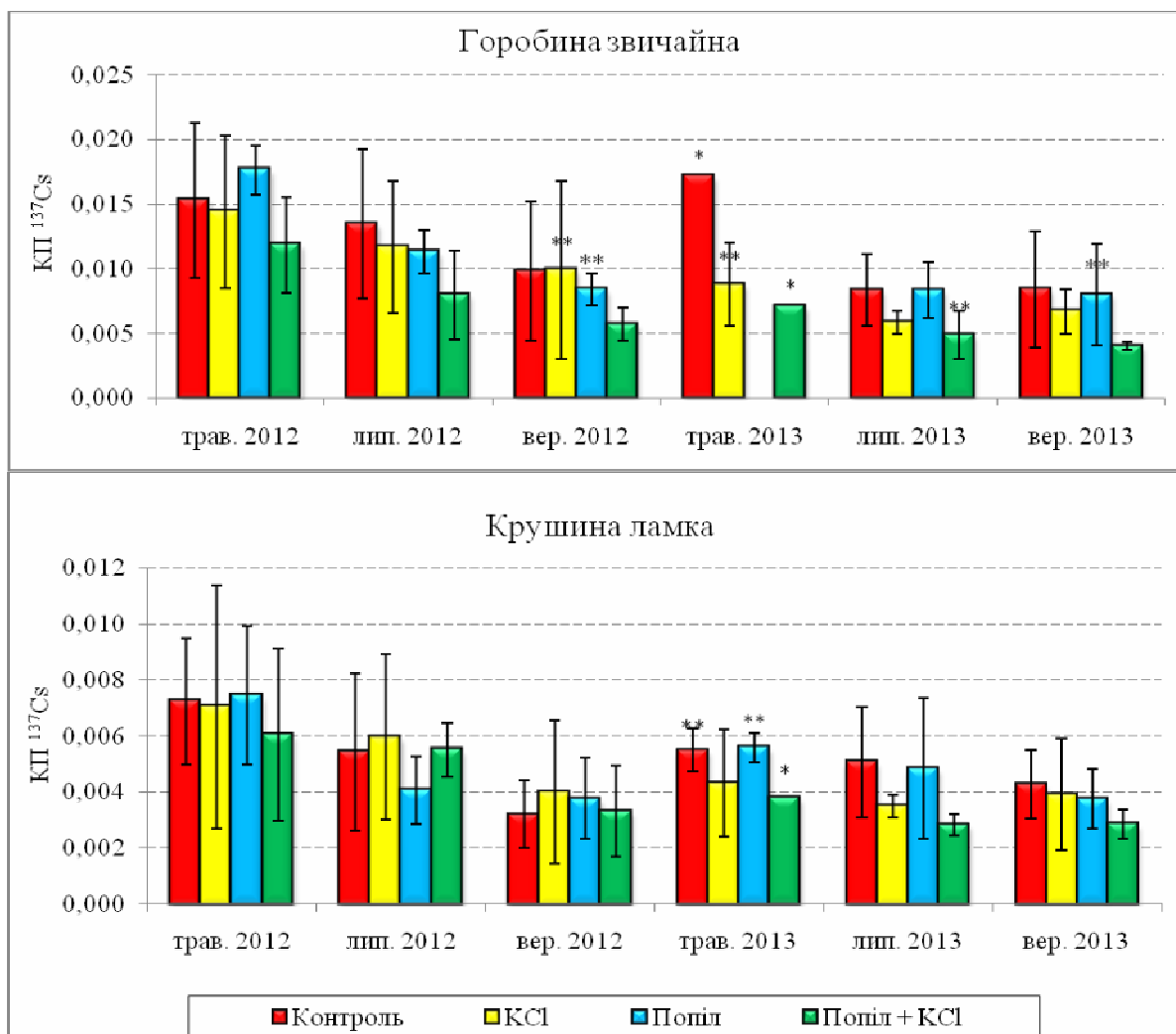


Рис. 2. Середні значення ( $n = 3-4$ ) КП  $^{137}\text{Cs}$  із ґрунту в листя та молоді пагони горобини звичайної (*Sorbus aucuparia* L.) і крушини ламкої (*Rhamnus frangula* L.) протягом 2012–2013 р.

\* Дані представлено однією повторністю;  
 \*\* дані представлено двома повторностями.

Різна ефективність добрив для досліджуваних порід дерев, імовірно, може бути пояснена фізіологічними та морфологічними особливостями дерев, оскільки істотна різниця в надходженні радіоцезію помітна навіть на контрольному варіанті (рис. 3). Так, відомо, що коренева система горобини звичайної стрижнева, але на третьому році головний корінь губиться внаслідок великої кількості бічних коренів, розміщених переважно на глибині 30–60 см. У віці 10 і більше років бічні корені поширюються майже горизонтально на відстань 5–6 м, заглиблюючись не більше ніж на 0,5 м. Найбільша щільність коріння горобини в перерахунку на 1 м<sup>3</sup> ґрунту міститься на першому метрі по горизонталі й 0–20 см по вертикалі [10, 11]. Отже, кореневу систему горобини умовно можна вважати поверхневою. Коренева система крушини ламкої – стрижнева (хоча головний корінь відмирає на стадії сіянців і подальший розвиток відбувається за рахунок бічних коренів), глибока, слаборозгалужена, у 2–3 рази перевищує довжиною висоту надземної частини [12, 13]. Крім того, відомо, що коренева система горобини утворює мікоризу з арбускулярними грибами [14], у той час як для крушини цей факт суперечливий [12]. Розміщення кореневої системи горобини ближче до поверхні ґрунту та радіальне поширення може сприяти порівняно швидкому надходженню елементів живлення з ґрунту в рослини. Очевидно, що у випадку деревних порід, кореневі системи яких відрізняються, для досягнення ефекту від унесення добрив потрібен різний проміжок часу.

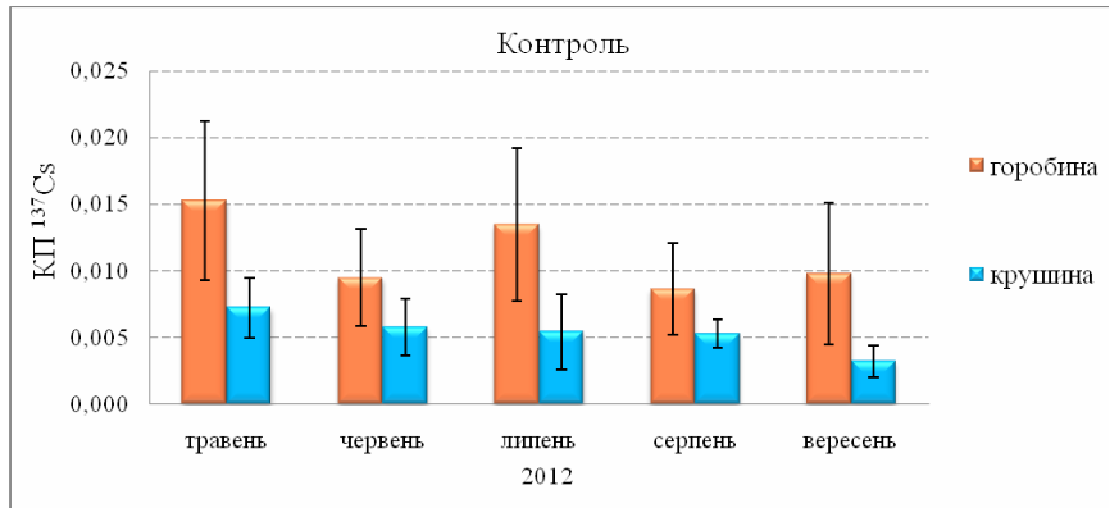


Рис. 3. Порівняння коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  із ґрунту в листя й молоді пагони горобини звичайної та крушини ламкої на контрольному варіанті протягом вегетації

Варто зазначити, що вплив погоди на відмінності в результатах першого й другого років дослідження малоімовірний, оскільки, за даними Житомирського обласного центру з гідрометеорології, довготривалих аномальних відхилень від норми протягом 2012–2013 рр. не помічено (рис. 4). Тому, найімовірніше, відмінність коефіцієнтів переходу радіоцезію у вказані роки обумовлена саме внесеними меліорантами.

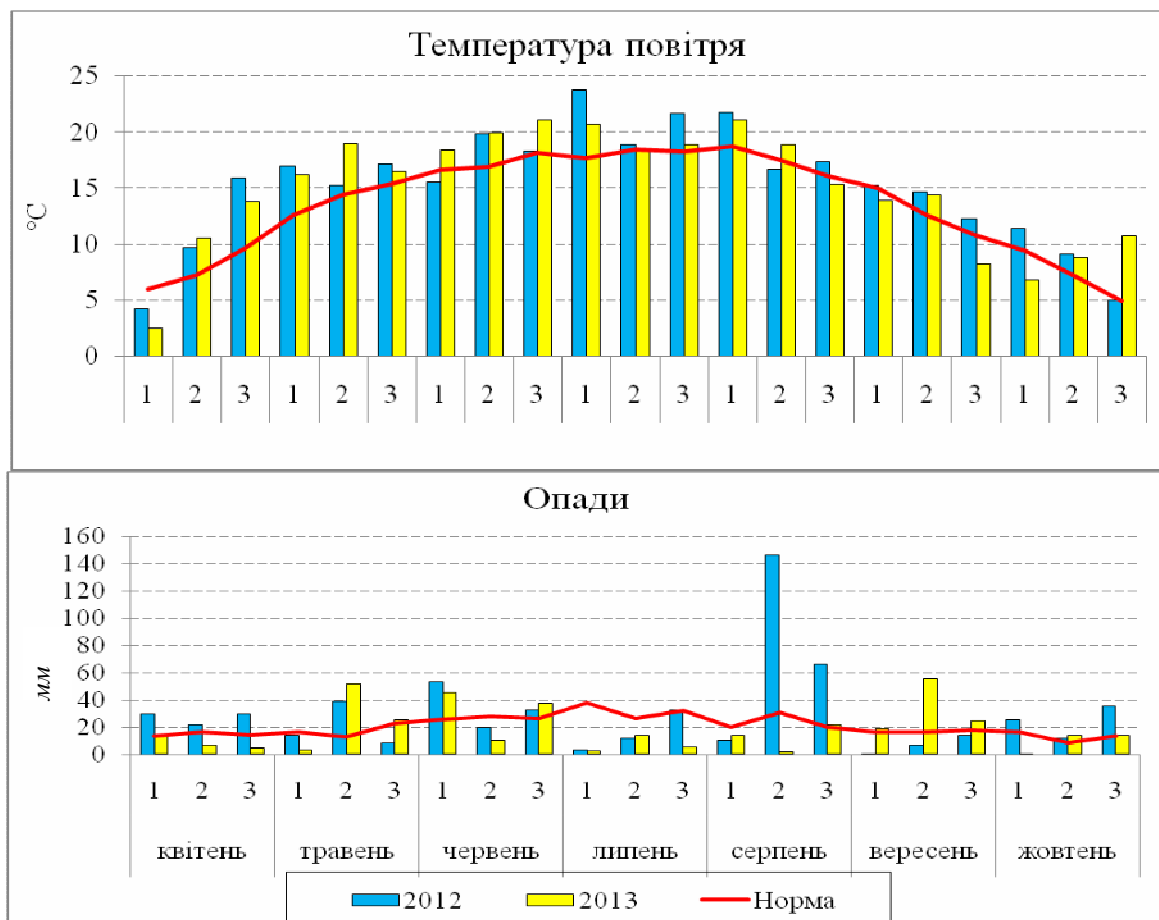


Рис. 4. Режим погоди на досліджуваній території протягом сезону вегетації 2012–2013 рр.

Відомо, що разове внесення калійних добрив у лісових екосистемах у тих же дозах сприяє зниженню концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у рослинах вересу, брусниці та чорниці вже в перший рік [15]. Дослідження, проведені у Фінляндії та на Маршалових островах, які стосувалися хвойних і тропічних фруктових порід, підтверджують позитивний ефект унесення калійних добрив [7, 16]. Деревний попіл (отриманий, як побічний продукт господарської діяльності чи утворений контрольованим випалюванням радіоактивно забрудненого лісу) також спричиняв довготривалий ефект зниження переходу  $^{137}\text{Cs}$  із ґрунту в лісові рослини [8, 9].

**Висновки та перспективи подальшого дослідження.** Ґрунтуючись на результатах дворічних досліджень, можна зробити такі висновки:

- Поєднання меліорантів («Попіл+КСІ») виявилось значно ефективнішим, ніж використання будь-якого з них окремо. Для деяких видів деревних порід позитивний ефект унесення «Попіл+КСІ» помітний уже в перший рік (горобина), для інших він може проявлятися дещо пізніше (крушина).

- Унесення калійних добрив (КСІ) зменшує надходження радіоцезію для горобини та крушини лише на другий рік після внесення. У перший рік на дослідному варіанті помічено навіть незначні перевищення КП  $^{137}\text{Cs}$ , порівняно з контролем.

- Позитивний ефект унесення деревного попелу в розрахунку 100 кг(К)/га помітний для обох видів дерев лише із середини вегетації (липень) і найкращий результат показує в кінці вегетації (вересень).

З огляду на такі результати доцільно детальніше дослідити ефект сумісного використання калійних добрив та попелу, а також можливості його (попелу) застосування для зниження переходу радіоцезію в лісові рослини й гриби.

#### Джерела та література

1. Smith J. T. Chernobyl-Catastrophe and Consequences / J. T. Smith, N. A. Beresford. – В. : Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK, 2005. – 310 p.
2. Орлов О. О. Радіоактивне забруднення продукції побічного користування лісом у Житомирській області за даними радіологічного контролю 2011–2012 рр. / О. О. Орлов, О. В. Тарасевич, В. П. Косинські // Вісник ЖНАЕУ. – 2013.
3. Bataitiene I. P. Evaluation of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  transfer from soil to Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) by heir discrimination coefficients / I. P. Bataitiene, D. Butkus // The 8 th International Conference «Environmental engineering». – Vilnius : Lithuania. 2011.
4. Rosén K. Potassium fertilization and  $^{137}\text{Cs}$  transfer from soil to grass and barley in Sweden after the Chernobyl fallout / K. Rosén, M. Vinichuk, J. Environ // Radioact. – 2014. – V. 130. – P. 22–32.
5. Ведення сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення території України внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС на період 1999–2002 рр. : метод. рек. – К., 1998.
6. Effect of potassium application in forest soil on  $^{137}\text{Cs}$  levels in plants and fungi / [K. Rosén, M. Vinichuk, T. Nilsson et al.] // International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity. – Canada, 2011.
7. Aro L. Long-term effect of fertilization on  $^{137}\text{Cs}$  concentration in Scots pine needles / L. Aro, A. Rantavaara // ICRER 2011 – International Conference on Radioecology & Environmental Radioactivity – Environment & Nuclear Renaissance. – Canada, 2011.
8. Does wood ash application increase heavy metal accumulation in forest berries and mushrooms? / [M. Moilanen, H. Fritze, M. Nieminen et al.] // J. Forest Ecology and Management. – 2006. – V. 226. – P. 153–160.
9. Levula T. Effects of ash fertilization and prescribed burning on macronutrient, heavy metal, sulphur and  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea*) / T. Levula, A. Saarsalmi, A. Rantavaara // J. Forest Ecology and Management. – 2000. – V. 126. – P. 269–279.
10. Какая корневая система у рябины? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL : <http://otvet.mail.ru/question/75539331>.
11. Рябина обыкновенная – Биологические особенности [Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL : <http://yagodovodstvo.ru/ryabina-obyknovennaya-biologicheskie-osobennosti.html>.
12. Аксенова Н. А. Биологическая флора Московской области / Н. А. Аксенова. – Киев : Изд-во Моск. ун-та, 1978. – Вып. 4.
13. Крушина (морфологические особенности) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL : <http://www.valleyflora.ru/krushina-morfologicheskiye-osobennosti.html>.
14. Sorbus aucuparia [Electronic Resource]. – Mode of access : URL : <http://memim.com/sorbus-aucuparia.html>. – Title from the screen.

15. Long-term effect of a single potassium fertilization on  $^{137}\text{Cs}$  levels in plants and fungi in a boreal forest ecosystem / [K. Rosén, M. Vinichuk, I. Nikolova, K. Johanson] // J. Environ. Radioact. – 2011. – V. 102(2). – P. 178–184.
16. Long-term reduction in  $^{137}\text{Cs}$  concentration in food crops on coral atolls resulting from potassium treatment / [W. L. Robison, E. L. Stone, T. F. Hamilton, C. L. Conrado] // J. Environ. Radioact. – 2006. – V. 88. – P. 251–266.

**Мандро Юрий, Виничук Михаил.** Древесная зола как средство снижения перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в растения рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) и крушины ломкой (*Rhamnus frangula* L.) в лесных экосистемах Полесья Украины. Заложено научный опыт в загрязненном радионуклидами лесу (примерно 70 км от Чернобыля) с применением калийсодержащих мелиорантов (древесный пепел, KCl) с целью исследования их способности влиять на поступление  $^{137}\text{Cs}$  в растения, типичные для лесных экосистем Полесья Украины. Показано влияние древесной золы на переход  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в молодые побеги и листья рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) и крушины ломкой (*Rhamnus frangula* L.) в течение периода вегетации на радиоактивно зараженной в результате аварии на Чернобыльской АЭС территории. Проведен сравнительный анализ эффективности применения древесного пепла, калийного удобрения и их сочетания как средств снижения перехода радиоцезия из почвы в растения в первый и второй год после внесения. Проанализированы различия в скорости и качестве реакции исследуемых древесных пород на внесенные удобрения, которая очевидно связана с морфологическими особенностями растений. Отображены особенности накопления  $^{137}\text{Cs}$  вышеупомянутыми древесными породами в течение вегетационного периода на варианте без внесения удобрений («Контроль»).

**Ключевые слова:** *Sorbus aucuparia* L., *Rhamnus frangula* L.,  $^{137}\text{Cs}$ , период вегетации, древесный пепел, калийное удобрение.

**Mandro Yuri, Vinichuk Mykhailo.** Wood ash as a Means of Reducing  $^{137}\text{Cs}$  Transfer From Soil to Plants of Rowan (*Sorbus Aucuparia* L.) and Buckthorn (*Rhamnus Frangula* L.) in Forest Ecosystems of Ukrainian Polissya. The scientific experiment was laid in contaminated by radionuclides forest (about 70 km from Chernobyl) with applying potassium-containing fertilizers (wood ash, KCl and mix of them) to investigate their ability to influence on  $^{137}\text{Cs}$  uptake by plants typical for the forest ecosystems of Ukrainian Polissya. The effect of wood ash on  $^{137}\text{Cs}$  transfer from soil to young shoots and leaves of rowan (*Sorbus aucuparia* L.) and buckthorn (*Rhamnus frangula* L.) during the growing season in the radioactively contaminated area (as a result of the accident at the Chernobyl nuclear power plant) is represented. A comparative analysis of the efficiency of wood ash, potassium fertilizer, and combinations thereof, as a means to reduce radiocaesium soil-to-plants transfer during the first and second year after the application was made. The differences in the speed and quality of response of studied trees on applied fertilizers, which are obviously related to the morphological features of the plants, were analyzed. The features of  $^{137}\text{Cs}$  uptake by mentioned above tree species during the growing season on the treatment without any applied fertilizers («Control») are shown.

**Key words:** *Sorbus aucuparia* L., *Rhamnus frangula* L.,  $^{137}\text{Cs}$ , growing season, wood ash, potash fertilizer.

Стаття надійшла до редколегії  
06.09.2015 р.

УДК 58.056

*Ілона Михалюк,  
Володимир Чопик*

## Зміни клімату як загроза для флори водних макрофітів Північного Поділля

У статті досліджено взаємозв'язок між змінами клімату та видовим різноманіттям флори макрофітів Північного Поділля. Проаналізовано дію кліматичних чинників на зміну кількості водойм (на прикладі Кременецького району). Запропоновано прогноз змін флори макрофітів Північного Поділля. Порівняно гідрофільні флори України й Польщі за допомогою визначення коефіцієнтів подібності.

**Ключові слова:** зміни клімату, динаміка, порівняння, гідрофільна флора, Північне Поділля, Кременецький район.

**Постановка наукової проблеми та її значення.** Унаслідок антропогенної діяльності та глобальних змін клімату водні ресурси України й, зокрема, Північного Поділля перебувають під загрозою