

ПРИРОДОЗАПОВІДНА СПРАВА ТА ЗАХИСТ ЛІСУ

УДК: 502.7:504.054(477.41/.42)

БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА ВМІСТУ ^{137}Cs В ЛИШАЙНИКАХ ПОЛІСЬКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА

О. В. БЄЛЬСЬКА

Поліський природний заповідник

E-mail: Olucky@i.ua

Анотація. *Епігейні лишайники як компоненти лісового біогеоценозу здатні накопичувати і довгий час утримувати ізотопи у слані, що дає змогу розглядати їх як об'єкт моніторингу лісових екосистем після аварій або викидів радіоактивних речовин у довкілля. Тому це питання в час атомної енергетики є досить актуальним. Метою роботи було дослідити динаміку вмісту ^{137}Cs в епігейних лишайниках, що зростають у сухих та свіжих борах Поліського природного заповідника, та визначити чинники, які впливають на процес їхнього очищення.*

Методика роботи передбачала низку маршрутно-експедиційних, лабораторних і спектрометричних досліджень. Відбір лишайників за видами проводили в сухих і свіжих борах Поліського природного заповідника упродовж 2001–2015 рр. згідно з методиками відбору проб для спектрометричних досліджень.

У природних умовах у період квазістатичної рівноваги зменшення ^{137}Cs у слані в 1,7 – 3,0 рази перевищує величину фізичного розпаду радіонуклідів, що за 15 років досліджень склало 27,60 %. Такий розтянутий у часі період очищення пов'язаний із досить повільним ростом лишайників та слабким очищенням. Зокрема, під час опадів втрата питомої активності становить 0,005 – 0,02 %, що дає змогу стверджувати, що вимивання ^{137}Cs з опадами майже немає.

У процесі росту відбувається поступове зменшення питомої активності ^{137}Cs у верхній частині і концентрація в нижній, що відмирає, нуклід із часом потрапляє в ґрунт і стає практично недоступним для лишайників.

Отримані результати дають змогу прогнозувати динаміку очищення лишайників від радіонуклідів за умови, що не буде повторного забруднення.

Ключові слова: *лишайники, епігейна ліхенофлора, слань, радіоцезій, екстрагування, біоценоз.*

Актуальність. *Епігейна ліхенофлора як компонент лісового біогеоценозу є одним із депо радіонуклідів техногенного походження. Як елемент живого надґрунтового покриву, лишайники здатні накопичувати і довгий час утримувати ізотопи в слані, що дає змогу розглядати їх як*

об'єкт радіаційного моніторингу лісових екосистем [1]. Після значних аварій або невеликих викидів радіоактивних речовин у довкілля дослідники відмічають значне підвищення вмісту радіоізотопів саме в лишайниках, що свідчить про можливість засвоєння ними забруднення з повітря [2–4]. Тому тема щодо вмісту радіонуклідів у лишайниках є досі актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Цікавість до лишайників виникла саме через їхню здатність накопичувати радіонукліди та інші забруднювальні речовини з повітря, оскільки вміст субстрату, за даними вчених, практично недоступний для лишайників. Тому лишайники вважають індикаторами повітряного забруднення, що по-різному реагують на наявність забруднювальних речовин в атмосфері [1].

Унаслідок аварії на Чорнобильській атомній електростанції, під радіоактивне забруднення потрапила значна частина лісових масивів Полісся. Серед них ліси Поліського природного заповідника, в якому лишайникові бори, за твердженням низки авторів [8], займають до 20 %. Ці насадження є унікальними для Полісся України і цікавими з наукового погляду.

Мета роботи – дослідити динаміку вмісту ^{137}Cs в епігейних лишайниках, що зростають у сухих і свіжих борах Поліського природного заповідника, та визначити чинники, які впливають на процес їхнього очищення.

Матеріали і методика досліджень. З метою реалізації поставленого завдання було проведено низку маршрутно-експедиційних і лабораторних досліджень.

Дослідження проводили для лишайників *Cladina arbuscula* (Wallr.) Hale & W.L. Culb ssp. *mitis* (Sandst.) Ruoss, *C. uncialis* (L.) Web. Ex Wigg. Em Hoffm., *C. rangiferina* (L.) Web. Ex Wigg. (*Cladina rangiferina* (L.) Nyl), *C. crispata* (Arch.) Flot., *C. gracilis* (L.) Willd., *C. subulata* (L.) Wigg., *C. rangiformis* Hoffm., які є звичайними майже для всіх ділянок.

Для спектрометричних досліджень і визначення багаторічної динаміки вмісту ^{137}Cs в сланях на пробних площах [5] методом конверта відбирали переважаючі в живому надґрунтовому покриві лишайники і формували середні зразки. Відбір проводили щомісячно протягом вегетаційного сезону у 2001 – 2015 роках. Динаміка за роками визначалася за середніми показниками питомої активності ^{137}Cs в сланях найбільш розповсюджених видів лишайників. Щоб встановити особливості розподілу радіонуклідів в різних частинах слані, щорічно на пробних площах наприкінці вегетаційного сезону відбирали по три середні зразки кожного виду лишайників і ділили на 3 частини: верхівка, середня і нижня [7].

Для визначення можливого вимивання радіонуклідів зі слані внаслідок опадів провели відповідне дослідження з дощувальною установкою в лабораторних умовах [6].

Результати досліджень та їх обговорення. Лишайникові бори Поліського природного заповідника розташовані на підвищеннях, піщаних

грядках і дюнах. Живий надґрунтовий покрив цих ділянок становлять лишайники роду *Cladonia*, а також, у незначній кількості, мохи та *Festuca ovina* Huds [5].

Особливістю функціонування заповідника є той факт, що на його території не відбувається жодної господарської діяльності, що дає змогу визначити вплив природних процесів на накопичення, перерозподіл і очищення слані від ізотопів техногенного походження.

За результатами наших досліджень, упродовж 15 років у сланях лишайників зменшилась питома активність ^{137}Cs у 1,7 – 3,0 рази (табл. 1). Найменші зміни відбулися в *C. mitis*, найбільші – у лишайнику *C. rangiferina*.

Через 15 років виявилось, що забруднення всіх видів зменшилося на 12–38 % порівняно з величиною фізичного розпаду радіонуклідів, що означає поступове очищення лишайників завдяки природним процесам. Такими, зокрема, є вимивання з опадами та ріст слані з поступовим переходом відмерлої частини в опад.

У березовому насадженні спостерігається дещо інтенсивніше очищення лишайників, ніж у сосновому. Також є різниця в очищенні лишайників, які зростають у сухих і свіжих борах.

1. Багаторічна динаміка забруднення лишайників ^{137}Cs упродовж 2001–2015 років, %

Види	2001	2003	2006	2009	2012	2015
$A_1, 10\text{C}$						
<i>C. mitis</i>	100	92,84	85,21	75,84	67,91	60,45
<i>C. uncialis</i>	100	90,41	80,38	70,07	60,34	49,16
<i>C. gracilis</i>	100	90,29	79,32	66,58	56,70	45,22
<i>C. subulata</i>	100	90,05	77,45	64,12	52,97	41,52
<i>C. rangiferina</i>	100	89,11	74,92	60,92	49,18	35,29
<i>C. crispata</i>	100	88,64	76,15	63,52	51,27	38,35
$A_2, 10\text{C}+\text{Б}$						
<i>C. mitis</i>	100	93,40	84,35	76,44	67,31	60,18
<i>C. uncialis</i>	100	86,22	79,45	69,23	58,84	48,39
<i>C. gracilis</i>	100	88,16	77,12	64,21	53,07	40,26
<i>C. subulata</i>	100	88,41	76,32	62,78	51,24	38,40
<i>C. rangiferina</i>	100	87,24	74,07	61,18	46,88	33,79
<i>C. crispata</i>	100	88,11	75,15	62,43	48,96	36,32
$A_2, 8\text{Б}2\text{C}$						
<i>C. mitis</i>	100	93,21	85,06	76,92	67,18	59,92
<i>C. uncialis</i>	100	87,34	80,13	69,82	59,03	48,43
<i>C. gracilis</i>	100	88,52	77,94	65,33	53,84	39,37
<i>C. subulata</i>	100	89,15	75,86	63,51	51,72	38,94
<i>C. rangiferina</i>	100	86,67	74,63	61,74	47,22	34,15
<i>C. crispata</i>	100	88,58	75,97	63,08	49,58	36,18
Фізичний розпад ^{137}Cs	100	94,48	88,96	83,44	77,92	72,40

За результатами досліджень вимивання встановлено, що при дощуванні питома активність цезію в лишайниках змінилася в межах похибки приладу (2-3 %), а загальна питома активність ^{137}Cs у воді нижче ніж мінімально діагностована величина, що свідчить про незначне вимивання нуклідів зі слані під час опадів (до 0,005–0,02 %). Отже, основні втрати питомої активності, найімовірніше, пов'язані з відриванням частинок слані за інтенсивних опадів, що в нашому експерименті становили до 5–14 % маси лишайників, або за інших способів механічного пошкодження [6].

Дослідження з екстрагування ^{137}Cs зі слані лишайників показали, що до водного розчину переходить у середньому від 11 % до 40 % питомої активності (рис., а), а в разі використання талої снігової води – 15–48 % (рис., б). Отже, вода атмосферних опадів завдяки кислій реакції (6,4 у нашому досліді) збільшує кількість вимитих радіонуклідів зі слані.

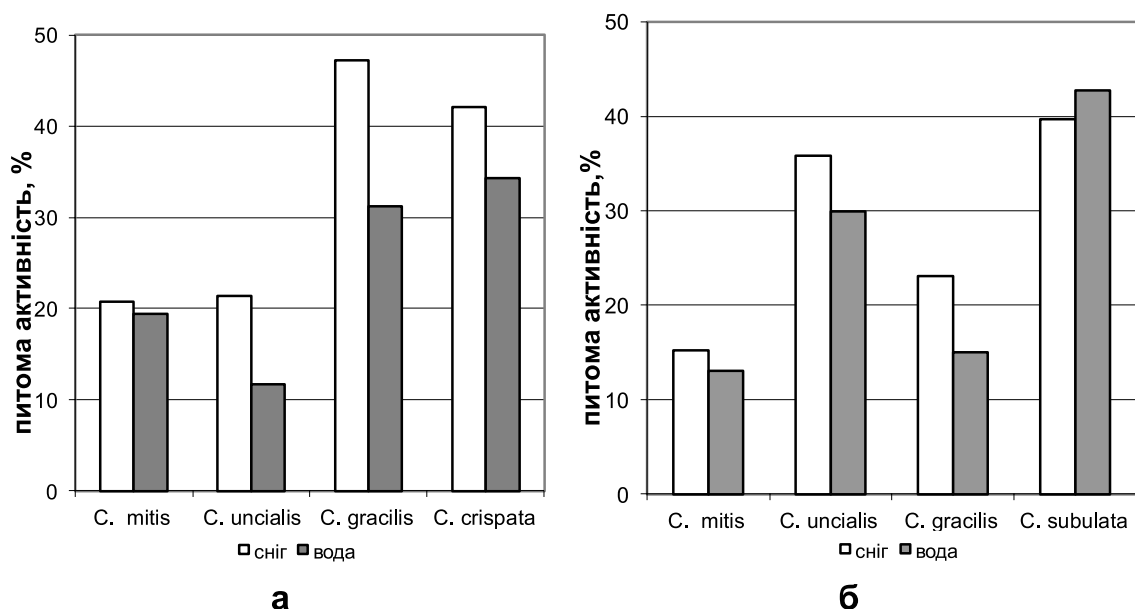


Рис. Екстрагування ^{137}Cs з епігейних лишайників: а) соснове насадження; б) березове насадження

Крім того, під час росту лишайників відбувається перерозподіл радіонуклідів у сланях, оскільки їхні частини містять різну величину питомої активності радіоцезію. А. А. Корчагін [7] виділив три частини лишайників, що різняться за віком і особливостями розвитку: верхівки – молода ростуча частина лишайника; середня – ділянка слані, що припинила рости; нижня – частина, що відмирає і має акумулювативні властивості.

Поділивши лишайники на три частини, ми визначили, як упродовж їхнього росту за дослідний період змінювалася питома активність ^{137}Cs (табл. 2). У результаті досліджень виявили, що в ростучій частині лишайника упродовж 15 років питома активність радіонуклідів зменшилась у 1,8 – 6 разів. Це пов'язано, насамперед, із тим, що в процесі росту проходить перерозподіл елементів у слані. Оскільки за 15 років не зафіксовано повторного забруднення насаджень радіонуклідами,

верхня частина не могла бути забруднена, і, відповідно, наявні у слані радіонукліди розподілилися на ростучу частину.

2. Багаторічна динаміка питомої активності ^{137}Cs у різних частинах слані лишайників, %

Вид	Частина слані	2001	2003	2006	2009	2012	2015
<i>C. mitis.</i>	верхня	34,61	28,50	23,45	17,60	12,36	6,17
	середня	29,17	29,60	30,18	31,18	30,07	30,98
	нижня	36,22	41,90	46,37	51,22	57,57	62,85
<i>C. uncialis</i>	верхня	36,85	34,60	32,05	30,24	28,25	26,56
	середня	24,18	25,71	27,83	29,45	30,59	31,04
	нижня	38,97	39,69	40,12	40,31	41,16	42,40
<i>C. gracilis</i>	верхня	44,32	38,25	33,19	27,05	20,93	15,48
	середня	34,82	34,56	34,25	34,20	33,41	32,39
	нижня	20,86	27,19	32,56	38,75	45,66	52,13
<i>C. subulata</i>	верхня	25,70	21,40	17,42	13,70	8,72	4,20
	середня	37,17	36,50	35,58	34,83	34,08	33,49
	нижня	37,13	42,10	47,00	51,47	57,20	62,31
<i>C. rangiferina</i>	верхня	46,88	39,60	32,94	25,48	17,94	10,88
	середня	28,75	29,60	30,72	30,72	31,32	32,18
	нижня	24,37	30,80	36,34	43,80	50,74	56,94
<i>C. crispata</i>	верхня	40,07	36,40	33,17	29,32	25,57	22,17
	середня	28,22	29,40	30,72	31,97	33,23	34,45
	нижня	31,71	34,20	36,11	38,71	41,20	43,38

Забруднення середньої частини незначно відрізняється від початкових значень, проте зміни помітні як у бік збільшення, так і в бік зменшення у окремих видів. У нижній частині відбулося акумулювання максимальної кількості радіонуклідів із тенденцією до збільшення з часом фактично вдвічі для більшості видів. Це пояснюється, насамперед, частковим переходом радіонуклідів із середньої частини слані у частину, що відмирає. Крім того, під час опадів можливе вимивання радіонуклідів із верхньої частини слані із подальшим їх утриманням у нижній частині лишайника, чим можна пояснити незначні втрати питомої активності під час дослідів з дощуванням.

Загалом перерозподіл радіонуклідів у лишайниках у період досліджень відповідає особливостям росту їхньої слані, що дає змогу прогнозувати очищення за умови, що не відбудеться повторне забруднення.

Висновки і перспективи. Лишайники як компоненти лісових екосистем є довгостроковими депо радіонуклідів. У природних умовах у період квазістатичної рівноваги очищення слані відбувається помірно, величина питомої активності виявилася на 27–50 % менше, аніж величина фізичного розпаду радіонуклідів.

Лишайники здатні екстрагувати у водний розчин від 11 % до 48 % радіонуклідів, при цьому зі слані під час опадів може вимиватися незначна кількість питомої активності (до 0,005–0,02 %), що дає змогу говорити про те, що практично немає вимивання ^{137}Cs з опадами. За інтенсивних опадів і механічного пошкодження можливе відокремлення від слані частинок, що незначною мірою збільшує відсоток очищення лишайників.

У процесі росту відбувається поступове зменшення питомої активності ^{137}Cs у верхній частині і концентрація в нижній, що відмирає. Отже, у процесі росту лишайників радіоцезій переходить у нижню частину слані, а з нею поступово у ґрунт.

За результатами наших досліджень, очищення лишайників від радіоцезію відбувається за рахунок фізичного розпаду радіонуклідів, що за 15 років склав 27,60 %. Перевищення цього значення в основному пов'язано з відмиранням і переходом у субстрат нижньої частини слані.

Отримані результати дають змогу прогнозувати динаміку очищення лишайників від радіонуклідів за умови, що не відбудеться повторне забруднення.

Список використаних джерел

1. Бязров Л. Г. Лишайники – индикаторы радиоактивного загрязнения / Л. Г. Бязров. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 476 с.
2. Нифонтова М. Г. Содержание ^{90}Sr и $^{134}, ^{137}\text{Cs}$ в грибах, лишайниках и мхах из ближней зоны Чернобыльской АЭС / М. Г. Нифонтова, В. Н. Алексащенко // Экология. – 1992. – № 3. – С. 26–29.
3. Нифонтова М. Г. О накоплении ^{90}Sr и ^{137}Cs некоторыми представителями низших растений в окрестностях Белоярской атомной электростанции на Урале / М. Г. Нифонтова, Н. В. Куликов // Экология. – 1981. – № 6. – С. 94–97.
4. Орлов О. О. Багаторічна динаміка вмісту ^{137}Cs у епігейних кущистих лишайниках Українського Полісся (1991–2000 рр.) / О. О. Орлов, С. Я. Кондратюк // Матеріали XI з'їзду Українського ботанічного товариства / Ред. кол.: К. М. Ситник (відп. ред.), Т. В. Догадіна (відп. ред.) та ін. – Харків, 2001. – С. 277–278.
5. Васенков Г. І. Розподіл активності ^{137}Cs у нижньому ярусі сосново-лишайникового типу лісу / Г. І. Васенков, О. В. Бельська // Вісник ДАУ. – 2003. – № 1. – С. 58–66.
6. Бельська О. В. Екстрагування ^{137}Cs з лишайників / О. В. Бельська // Матеріали міжвузівської конференції. – 2006. – С. 61–64.
7. Корчагин А. А. Определение возврата и длительности жизни лишайников / А. А. Корчагин // Полевая геоботаника / ред. издат. А. Г. Рыбкина. – М.; Д.: Изд-во Академии наук СССР, 1960. – Т. II. – С. 315–330.
8. Андриенко Т. Л. Растительный мир Украинского Полесья в аспектах его охраны / Т. Л. Андриенко, Ю. Р. Шеляг-Сосонко. – К. : Наук. думка, 1983. – 216 с.

References

1. Biazrov, L. G. (2005). Lishayniki – indikatory radioaktivnogo zagriazneniya [Lichens – indicators of radioactive contamination]. Moscow: Association of scientific editions KMK, 476.
2. Nifontova, M. G., Aleksashenko, V. N. (1992). Soderzhanie ^{90}Sr i $^{134,137}\text{Cs}$ v gribah i mshah iz blizhney zony Chernobyl'skoy AES [The content of ^{90}Sr and $^{134,137}\text{Cs}$ in mushrooms, lichens and mosses from the near zone of Chernobyl NPP]. Ecology, 3, 26–29.
3. Nifontova, M. G., Kulikov, N. V. (1981). O nakoplenii ^{90}Sr i ^{137}Cs nekotorymi predstavatelyami nizshih rasteniy v okresnostyah Beloyarskoy atomnoy elektrostantsii na Urale [Accumulation of ^{90}Sr and ^{137}Cs some representatives of the lower plants in the vicinity of the Beloyarsk nuclear power plant in the Urals]. Ekology, 6, 94–97.
4. Orlov, O. O., Kondratiuk, S. Ju. (2001). Bagatorichna dynamika vmistu ^{137}Cs u epigeynyh kuschistyh lyaiaynykah Ukrainського Polissya (1991–2000 rr.) [Long-term dynamics of ^{137}Cs in epiheynyh bushy lichens Ukrainian Polissya (1991–2000)]. Materials of the XI Congress of Ukrainian Botanical Society, 277–278.
5. Vasenkov, G. I., Belska, O. V. (2003). Rozpodil aktyvnosti ^{137}Cs u nyzhn'omu yarusi sosnovo-lyshaynykovogo typu lisu [Distribution of ^{137}Cs activity in the lower tier pine-lichen forest type]. Visnyk DAU, 1, 58–66.
6. Belska, O. V. (2006). Ekstraguvannya ^{137}Cs z lyshaynykiv [The extraction of ^{137}Cs from lichens]. Materials of Interuniversity Conference, 61–64.
7. Korchagin, A. A. (1960). Opredelenie vozrasta i dlitel'nosti zhizni lishaynikov [Determination of the age and length of life of lichens]. Field geobotany, II, 315–330.
8. Andrienko, T. L., Sheliag-Sosonko, Ju. R. (1983). Rastitel'nyy mir Ukrainськоого Poles'ya v aspektah ego ohrany [The flora of the Ukrainian Polesye in the aspects of its protection]. Kyiv: Nauk. dumka, 216.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ^{137}Cs В ЛИШАЙНИКАХ ПОЛЕССКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА

О. В. Бельская

Аннотация. Эпигейные лишайники как компоненты лесного биогеоценоза способны накапливать и удерживать на протяжении долгого времени изотопы в таллومه, что позволяет рассматривать их как объект радиационного мониторинга лесных экосистем после аварий либо выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду. Поэтому данный вопрос во время активного развития атомной энергетики остается актуальным.

Целью работы являлось исследовать динамику содержания ^{137}Cs в эпигейных лишайниках, произрастающих в сухих и свежих борах Полесского природного заповедника, и определить факторы, влияющие на процесс их очищения.

Методика включала ряд маршрутно-экспедиционных, лабораторных и спектрометрических исследований. Отбор лишайников по видам проводился в сухих и свежих борах Полесского природного заповедника в

2001–2015 гг. согласно методик отбора проб для спектрометрических исследований.

В природных условиях в период квазистатического равновесия уменьшение ^{137}Cs в талломе лишайников в 1,7 – 3,0 раза превышает величину физического распада радионуклидов, что за 15 лет исследований составило 27,60%. Такой длительный период очищения связан с очень медленным ростом лишайников и слабым очищением.

Так, с осадками потеря удельной активности составляет 0,005–0,02 %, что позволяет говорить о фактическом отсутствии вымывания ^{137}Cs во время дождя.

В процессе роста происходит постепенное уменьшение удельной активности ^{137}Cs в верхней части и концентрация в нижней отмирающей, нуклид со временем переходит в почву и становится практически недоступным для лишайников.

Полученные результаты позволяют прогнозировать динамику очищения лишайников от радионуклидов при отсутствии повторного загрязнения.

Ключевые слова: лишайники, эпигейная лишенофлора, таллом, радиоцезий, экстрагирование, биоценоз.

THE LONG-TERM DYNAMICS OF ^{137}CS CONTENT IN THE LICHENS OF POLESYE NATURAL RESERVATION

O. Belskaya

Abstract. Ground lichen flora, as part of forest ecosystems, is a man-made radionuclides depot procession that can accumulate and maintain long isotopes in thallus. This allows us to consider them as an object of radioactive monitoring of forest ecosystems after major accidents or small release of radioactive substances into the environment.

Forest tracts of Polissya Natural Reserve is unique to Woodlands of Ukraine as moss forests are occupied by up to 20% of the area. After the Chernobyl accident, these plantations came under radioactive contamination and have a scientific interest in the area as nature conservation, and Radiology.

The aim was to investigate the dynamics of ^{137}Cs in ground lichens that grow in dry and fresh forests of Polissya Nature Reserve, and identify factors that affect the process of purification.

The work carried out by conventional techniques and includes a number of routing and forwarding, laboratory and spectrometric studies. Selection by lichen species carried out in dry and fresh forests of Polissya Nature Reserve for 2001 - 2015 years according to methods of sampling for spectrometric studies. To determine the leaching of radionuclides from fallout thallus conducted research on sprinkler installation in the laboratory. Distribution of ^{137}Cs in different parts of lichens thallus determined by dividing them into 3 parts: top, middle and bottom.

Over 15 years in lichen thallus showed decreased specific activity of ^{137}Cs in 1,7 – 3,0 times

Pollution of all kinds was below the value of physical decay of 27-50%, which means their gradual clearing through natural processes. In particular, it has the greatest impact physical decay of radionuclides from other factors likely influenced

by the leaching and precipitation thallus growth with a gradual transition of the dead in the forest floor.

With the ability lichen extract in aqueous solution from 20% to 50% of radionuclides during irrigation can leach from thallus a small number of specific activity (up to 0.005 - 0.02%), which suggests virtually no leaching of ^{137}Cs fallout.

During the growth redistribution of radionuclides in thallus. As part of a growing young moss during research period, specific activity of radionuclides decreased almost in 2 times. Pollution average of 2-3% less than at the beginning of the study. At the bottom was accumulating the maximum number of radionuclides with a tendency to increase with time at 6-15%.

The results of our research, cleaning lichens of cesium is due to physical decay of radionuclides for 15 years was 27.60%. Exceeding this value mainly related to dying transition into the bottom of the substrate thallus.

The results allow to predict the dynamics of lichen cleaning from radionuclides in the absence of re-contamination.

Keywords: lichens, epigey lichen flora, thallus, radiocaesium, extraction, biocenosis.

УДК 581.52(630*181)

АДАПТИВНІ РЕАКЦІЇ ДУБА ЗВИЧАЙНОГО ТА БАГРЯНИКА ЯПОНСЬКОГО В УРБОЛАНДШАФТАХ ЛЬВІВСЬКОГО СХІДНОГО РАЙОНУ ПАСМОВОГО ПОБУЖЖЯ

П. С. ГНАТІВ, доктор біологічних наук, професор

О. В. СМАЛЬ, аспірант*

Г. А. ЛИСАК, кандидат біологічних наук, доцент

Львівський національний аграрний університет

E-mail: pshnativ@ukr.net

Анотація. На прикладі найбільшого міста заходу України Львова та його околиці м. Дубляни проаналізовано тенденції зміни навколишнього природного середовища в зв'язку з урботехногенезом та забрудненням. Урбанізація спричинює фосфатизацію, алкалізацію та велике забруднення ґрунтів зеленої зони важкими металами.

Показано зростання комплексного тиску урботехногенного середовища на рослинний покрив і проаналізовано актуальні зміни хімічного складу сухої речовини листків дерев за показниками вмісту важких металів та структурно-енергетичних метаболітів. З'ясовано істотне накопичення хімічних елементів в асиміляційному апараті дуба звичайного та багряника японського, виявлено їхні видоспецифічні особливості щодо

* Науковий керівник – академік НААН України, доктор біологічних наук, професор В. В. Снітинський.