

УДК 582.29:539.1.04(477.41/.42)

О. В. Бельська  
асистент

Державний агроекологічний університет

### ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ $^{137}\text{Cs}$ ЕПІГЕЙНИМИ ЛИШАЙНИКАМИ

*Приведені результати досліджень особливостей розподілу радіоцезію в основних морфологічних частинах слані епігейних лишайників. Визначено, що основний вплив на формування їх радіоактивного забруднення відіграють еколого-морфологічні характеристики видів.*

#### Постановка проблеми

Лишайниковий покрив Українського Полісся є одним із головних депо радіонуклідів, про що свідчить ряд досліджень [2, 4, 7, 9, 10, 12]. Дослідження багаторічної динаміки вмісту  $^{137}\text{Cs}$  показали, що за період з часу аварії на Чорнобильській АЕС його активність в слані зменшилася приблизно у 3 рази, проте їх забруднення і дотепер досить високе [10].

Здатність лишайників утримувати речовини пов'язується з такими їх особливостями, як велика площа поверхні (чисельні галушення, філокладії та вирости), значне проективне покриття (до 60–95 %) та повільний ріст [6, 12]. Проте і досі лишайники зостаються найменш вивченими організмами.

Дослідження з біології та екології лишайників у основному стосувалися метаболізму та концентрування ними різних речовин та елементів у різних умовах середовища [3, 5, 11]. В радіоекології ці дослідження обмежувалися особливостями накопичення різними видами ізотопів природного та штучного походження. В науковій літературі практично зовсім відсутня інформація про особливості накопичення лишайниками радіонуклідів, їх розподіл у різних частинах організму та складових компонентах. Проведені радіологічні дослідження показують лише здатність рослини до утримання значної кількості деяких ізотопів. Тому, враховуючи специфічність та недостатню вивченість лишайників як представників біологічного світу, ці питання залишаються відкритими.

*Метою даної роботи було вивчення розподілу активності радіоцезію в різних морфологічних частинах слані найбільш поширених видів епігейних лишайників лісових масивів Полісся України.*

#### Методика досліджень

Дослідження проводилися у 2001–2003 роках на куцистих формах епігейних лишайників зі сланню різної морфологічної будови. Зразки відбиралися на стаціонарних площадках Поліського природного заповідника.

Для вивчення розподілу радіонуклідів у слані було виділено три характерні морфологічні частини лишайників: нижня – стара, що має характерний більш темний сірий колір, середня – проміжна між ростучою та відмираючою частинами, та верхівка – ростуча частина з численними галушеннями. Питому активність цілої рослини визначали із загального зразка [1, 3, 10].

Величину питомої поверхні для повітряно-сухих та вологих зразків визначали за методом Сабіна і Колосова [8].

Зразки для спектрометричних досліджень висушували до повітряно-сухого стану, розмелювали і перетирали через сито з отворами 1мм.

Визначення питомої активності зразків проводили за допомогою гамма-спектрометричного аналізатора АПЦ EVT SP-1S (нижня границя детектування – 1 Бк/кг).

### Результати досліджень

Під час первинного аерального надходження радіонуклідів найбільшому забрудненню підлягає верхня частина лишайників, про що свідчать попередні дослідження [10]. Та з часом проходить їх перерозподіл між всіма частинами слані, що пов'язано з його вилуговуванням та ростом рослини. З верхівок рослини в нижні частини та на поверхню ґрунту нукліди вимиваються опадами, на що вказує значна питома активність.

Спектрометричні дослідження показали, що розподіл активності радіоцезію в слані лишайників проходить неоднаково (табл. 1).

Таблиця 1. Розподіл активності <sup>137</sup>Cs в різних частинах слані лишайників

Вид	Частина слані	Питома активність, Бк/кг	Частка активності, %		
			середня	min	max
<i>Cladonia mitis</i> Sandst. (n=25)	ціла рослина	1720±28	-	-	-
	верхня	1438±165	28,5±2,63	15,1	40,7
	середня	1419±147	29,6±2,81	12,0	46,4
	нижня	2445±239	41,9±2,77	25,4	59,8
<i>Cl.uncialis</i> (L.) Web. ex Wigg. em. Hoffm. (n=20)	ціла рослина	2042±29	-	-	-
	верхня	2066±415	34,6±5,6	17,9	52,1
	середня	1494±204	25,7±2,61	13,2	30,0
	нижня	2870±578	39,69±4,62	26,7	54,4
<i>Cl.gracilis</i> (L.) Willd. (n=20)	ціла рослина	3317±436	-	-	-
	верхня	3478±396	38,5±2,71	29,2	50,4
	середня	3406±495	34,0±1,43	26,0	36,8
	нижня	3037±577	27,5±3,18	13,9	36,2
<i>Cl.subulata</i> (L.) Wigg. (n=15)	ціла рослина	3393±666	-	-	-
	верхня	3723±827	21,4±2,37	13,8	27,6
	середня	3441±527	36,5±3,85	27,0	49,7
	нижня	3220±758	42,1±3,55	34,6	51,9
<i>Cl.rangiferina</i> (L.) Web. (n=20)	ціла рослина	2836±66	-	-	-
	верхня	3141±871	39,6±4,51	15,2	58,4
	середня	2383±523	29,6±3,13	17,4	44,5
	нижня	2900±690	30,8±4,16	15,4	48,8
<i>Cl.crispata</i> (Arh.) Flot. (n=15)	ціла рослина	3945±898	-	-	-
	верхня	3451±861	36,4±4,61	19,8	51,9
	середня	3090±626	29,4±3,33	18,1	44,2
	нижня	6303±1615	34,2±2,09	24,6	40,4
<i>Cl.deformis</i> Hoffm. (n=10)	ціла рослина	11323±5554	-	-	-
	верхня	13913±6434	28,6±2,87	24,6	34,1
	середня	10733±7635	21,5±5,82	13,1	32,1
	нижня	10917±4504	49,9±5,14	42,7	59,9

Для більшості лишайників найбільш забрудненою є верхня та нижня частини. Хоча в лишайниках кожного виду частка активності коливається в значних межах, загальні риси її розподілу зберігаються. Питома активність верхньої частини коливається в межах 20–40 %, нижньої – 30–50, середньої – 20–35 %. За утриманням радіоцезію в частинах слані лишайники утворюють такі ряди: для верхівкової – *Cl.uncialis* > *Cl.rangiferina* > *Cl.gracilis* > *Cl.crispata* > *Cl.deformis* > *Cl.mitis* > *Cl.subulata*, для середньої – *Cl.subulata* > *Cl.gracilis* > *Cl.rangiferina* > *Cl.mitis* > *Cl.crispata* > *Cl.uncialis* > *Cl.deformis*, для нижньої – *Cl.deformis* > *Cl.subulata* > *Cl.mitis* > *Cl.crispata* > *Cl.uncialis* > *Cl.rangiferina* > *Cl.gracilis*.

Висока активність нукліду у верхівковій частині визначається, скоріш за все, біологічною особливістю лишайників, оскільки за 17 років з часу аварії більшість лишайників мала вирости в середньому на 1,5–2,0 см, тобто на висоту верхівкової частини. Відповідно, на даний час середня частина слані мала б містити максимальну активність. Ми ж спостерігаємо, що її питома активність, за невеликим виключенням, найменша. Це можна пояснити тим, що нуклід у клітинах може переходити двома шляхами: дифузією та перенесенням у новоутворені клітини при їх поділі. А оскільки для лишайників ґрунтове живлення малоімовірне, забруднення верхніх частин має проходити біологічним або повітряним шляхом [7].

Можливість впливу вторинного забруднення лишайників виключаємо, оскільки за час спостережень на дослідних ділянках підвищення радіоактивного фону не відмічали.

Ряд дослідників [3, 5] вважає, що причинами значної варіабельності вмісту елементів і речовин в лишайниках є умови середовища існування (у першу чергу, субстрату) та пора року. Проте аналізуючи дослідження ряду вчених [4, 7, 9, 10] та власні [2], можна зазначити, що при глобальному забрудненні для лишайників подібні зміни не характерні. Для найбільш розповсюджених видів зберігається загальна тенденція варіабельності як відносно умов зростання, так і щодо сезону. Більш важливим, певно, тут є комплексний вплив умов середовища (особливо просторове їх розташування під лісовим наметом при формуванні забруднення), а також біологічні особливості видів.

Відповідно, в таких умовах для лишайників можна виділити певні ряди щодо накопичення нукліду, що пов'язане з особливостями їх морфології та біології. Тобто, вплив на формування забруднення та вилуговування мають величина їх питомої поверхні, будова та форма частин подеціїв та щільність їх розташування у просторі.

Виходячи з вищезазначеного, за розподілом питомої активності радіоцезію ми поділили лишайники на 4 групи: 1 – розподіл проходить за схемою: нижня > середня > верхня (*Cl.mitis*, *Cl.subulata*); 2 – верхня > нижня > середня (*Cl.crispata*, *Cl.uncialis*, *Cl.rangiferina*); 3 – верхня > середня > нижня (*Cl.gracilis*); 4 – нижня частина > верхня > середня (*Cl.deformis*).

Характеризуючи подеції отриманих груп з точки зору їх морфологічної та фізіологічної характеристики, можна зазначити, що представники 1 групи мають значно розріджене, у порівнянні з нижніми частинами, менш щільне розташування верхівкових “гілочок”; 2 – досить щільне, 3 – щільне розташування подеціїв та добре розгалужену сцифовидну форму верхівок слані, що збільшує питому поверхню верхівок у порівнянні з нижніми. Практично, *Cl.gracilis* характеризується зменшенням як щільності розташування подеціїв та питомої активності, так і маси в напрямку з верхньої частини до нижньої. 4 група також має сцифовидну форму, проте його загальне проективне покриття на площі незначне і коливається в межах десятих і сотих долей відсотків. Крім того, частка активності *Cl.deformis*, як і попереднього виду, змінюється відповідно до зміни ваги. Нижня частина має найбільшу масу завдяки збереженню первинної слані.

Накопичення елементів залежить не лише від морфологічної характеристики слані, а й від інших їх фізіологічних показників. Такими, в першу чергу, є вологомісткість та площа питомої поверхні. Лишайники відзначаються значною вологомісткістю (300–600 %) [9], причому у кожного виду лишайників і кожної структурної частини слані вона може бути досить різна. В дослідженнях О.С. Блюма [3] та власними [2] встановлено, що для більшості видів лишайників максимальні об’єми характерні саме у верхівках (табл. 2).

Таблиця 2. Зміна об’ємів та вологомісткість слані при мінімальній та максимальній вологості (в розрахунку на 1 г сухої речовини)

Вид	Частина слані	Об’єм слані, мм <sup>3</sup>			Максимальна вологомісткість, %
		сухий	сирий	частка від сухого, %	
<i>Cl.mitis</i> (n=25)	верхня	40,62	58,72	144,6	275,7
	середня	18,16	44,84	246,9	226,8
	нижня	11,93	42,38	355,2	215,0
<i>Cl.uncialis</i> (n=20)	верхня	43,83	48,44	110,5	233,1
	середня	43,21	60,49	140,0	238,3
	нижня	26,89	45,71	1700	206,6
<i>Cl.gracilis</i> (n=20)	верхня	22,07	42,37	192,0	210,2
	середня	27,33	34,11	124,8	190,8
	нижня	22,25	38,35	172,3	202,2
<i>Cl.subulata</i> (n=15)	верхня	42,78	58,94	137,8	212,1
	середня	39,56	47,84	120,9	190,6
	нижня	29,83	54,24	191,8	174,1
<i>Cl.rangiferina</i> (n=20)	верхня	46,53	54,55	117,2	203,5
	середня	45,59	52,77	115,7	210,8
	нижня	43,30	55,18	127,5	221,8
<i>Cl.crispata</i> (n=15)	верхня	31,45	51,60	164,1	230,6
	середня	30,21	45,32	150,0	217,5
	нижня	33,37	49,63	148,7	212,8
<i>Cl.deformis</i> (n=10)	верхня	23,50	55,81	237,5	214,2
	середня	16,51	49,53	300,0	222,4
	нижня	27,09	55,61	205,3	235,9

Виходячи з міркування, що площа поверхні сухих та вологих подеціїв та здатність до поглинання нуклідів будуть змінюватися пропорційно їх об'єму та вологомісткості, можна зазначити, що найменшою питомою поверхнею верхівкової частини сухої слані відзначаються види *Cl.gracilis*, а найбільшою – *Cl.mitis*, *Cl.uncialis*, *Cl.subulata*, *Cl.rangiferina*. Для насиченої вологою слані максимальне значення верхівок характерне для видів *Cl.mitis*, *Cl.gracilis*, *Cl.subulata*, *Cl.crispata*. Проте збільшення слані та швидкість поглинання води для них різна [8]. Максимальна швидкість поглинання верхівками характерна для видів *Cl.gracilis*, *Cl.crispata*, *Cl.uncialis*, *Cl.rangiferina*; для нижньої частиною – *Cl.subulata*, *Cl.mitis*, *Cl.deformis*.

Таким чином, розподіл активності при формуванні забруднення і надалі залежить від таких параметрів, як об'єм та величина питомої поверхні сухої та зволоженої слані, швидкість поглинання нею води та вологомісткість, що в значній мірі впливає на засвоєння розчинених у воді елементів.

### Висновки

1. При глобальних випаданнях радіонуклідів накопичення та розподіл їх активності в різних морфологічних частинах лишайників відбувається неоднаково і залежить від комплексу факторів середовища, просторового розташування та біологічних особливостей лишайників.

2. Основними причинами неоднакового розподілу радіоцезію в лишайниках є величина їх питомої поверхні та розрідженість (щільність розташування) подеціїв, що дозволяє поділити лишайники за розподілом активності в слані на 4 групи.

3. Розподіл активності радіоцезію при формуванні забруднення залежить від об'єму та величини питомої поверхні сухої та зволоженої слані, швидкості поглинання нею води та від вологомісткості.

**Перспективи подальших досліджень** можуть бути направлені на визначення ролі лишайникового покриву у формуванні забруднення <sup>137</sup>Cs ґрунту та його міграції в лісову рослинність.

### Література

1. Корчагин А. А. Определение возраста и длительности жизни лишайников // Полевая геоботаника: В 5 т. – М.: Изд-во АН СРСР, 1960. – Т. II. – С. 315–330.
2. Бельська О. В. Радіоактивне забруднення епігейних лишайників Поліського природного заповідника // Вісн. ДАУ. – 2003. – № 2. – С. 242–247.
3. Блом О. С. Водний режим мезо- и ксеротических лишайников как индикаторов их экологических особенностей: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. К. – 1965. – 20 с.

4. Вміст радіонуклідів у лишайниках України / *Кондратюк С. Я., Наврацька І. Л., Брунь Г. О.* та ін. // Український ботанічний журнал. – 1994. – №4. – С. 46–51.
5. Содержание микроэлементов в лишайниках Припятского заповедника (БССР) / *Лапицкая С. К., Свириденко В. Г., Паламарчук А. С.* та ін. // Растительные ресурсы. – 1979. – Т. XV. – Вып. 4. – С. 584–587.
6. Накопичення радіонуклідів споровими і вищими грибами України / *С. А. Вассер, С. Я. Кондратюк* та ін. – К., 1995. – 131с.
7. *Нифонтова М. Г.* Аккумуляция радионуклидов низшими растениями. // Грибы и лишайники в экосистеме. Тез. докладов. –1999. – Т.1. – С. 29.
8. *Нифонтова М. Г.* Влияние изотопных и неизотопных носителей на накопление  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  лишайниками из водных растворов // Экология. – 1977. – №6. – С. 78–80.
9. *Нифонтова М. Г., Алексащенко В. Н.* Содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{134}, ^{137}\text{Cs}$  в грибах, лишайниках и мхах из ближней зоны Чернобыльской АЭС // Экология. – 1993. – №3. – С. 26–29.
10. *Орлов О. О., Кондратюк С. Я.* Багаторічна динаміка вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у епігейних кущистих лишайниках Українського Полісся (1991–2000 рр.) // Матер. XI з'їзду Українського ботанічного товариства. – Харків, 2001. – С. 277–278.
11. *Шатира И. А.* О метаболизме азота в лишайниках // Ботанический журнал. – 1974. – № 4. – С. 599–606.
12. *Щелкунова Р. П.* Прирост кормовых лишайников и их распространение на Енисейском Севере // Ботанический журнал. – 1979. – № 8. – С. 1111–1121.