

**ЕКОЛОГО-БІОГЕОХІМІЧНІ МАРКЕРИ ЖИТТЄВОГО СТАНУ ДЕРЕВНИХ  
РОСЛИН ЛІСОВИХ КУЛЬТУРФІТОЦЕНОЗІВ В УМОВАХ СТЕПУ  
ТА ПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ**

**В. М. САВОСЬКО**, кандидат біологічних наук, доцент

**М. О. КВІТКО**, здобувач

*Криворізький державний педагогічний університет*

**Ю. В. ЛИХОЛАТ**, доктор біологічних наук, професор

*Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара*

**І. П. ГРИГОРЮК**, доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент  
НАН України

**Є. М. БОГАЧ**, кандидат історичних наук

**Б. Є. ЯКУБЕНКО**, доктор біологічних наук, професор

*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

*E-mail: lykholat2006@ukr.net; bogach.egor@gmail.com*

**Анотація.** *Виявлено три біогеохімічні форми вмісту Са, Mg, К і Na в листковому опаді лісових культурфітоценозів, які зростають у контрастних екологічних умовах Криворізького гірничо-металургійного регіону. Установлено, що між концентраціями лужноземельних металів у листковому опаді та життєвим станом деревостану наявні статистично достовірні залежності. У більшості випадків виявлено прямий і обернений кореляційні зв'язки середньої сили. Коефіцієнти детермінації мультирегресійних рівнянь свідчать, що життєвий стан деревостану лісових культурфітоценозів Криворіжжя на 50-81% прогнозується еколого-біогеохімічними характеристиками листкового опаду.*

**Ключові слова:** *деревні рослини, лісові культурфітоценози, життєвий стан, лужноземельні метали, еколого-біогеохімічні маркери, коефіцієнти детермінації.*

**Актуальність.** У промислових регіонах степової зони України деревні види рослин у лісових культурфітоценозах зростають, розвиваються і формують урожай за сукупної стресової дії дефіциту вологи й антропогенного забруднення природного середовища. У таких несприятливих умовах деревно-чагарникові рослини відзначаються пригніченим ростом і фізіологічним станом, прискореними процесами старіння та зменшенням фітомеліоративної ефективності [1, 2, 3]. Аналіз останніх досліджень свідчить, що фактичний стан лісових культурфітоценозів є прихованим, що зумовлено еколого-ботанічними особливостями деревно-чагарникових рослин [4, 5, 6]. Нині актуального значення набуває розроблення експрес-методів ранньої діагностики життєвого стану деревних рослин лісових культурфітоценозів в умовах Степу України та промислового регіону.

Еколого-біогеохімічні показники листового опад можна вважати одним із перспективних маркерів, які визначають життєвий стан і ступінь прогнозування розвитку лісових культурфітоценозів [7]. В. І. Вернадський [8] зазначав, що листовий опад – це «тонкий, верхній, переповнений життям шар ґрунту», з іншого боку – він «найбільш хімічно активний». Проте досі нез'ясованим залишається питання, які саме хімічні елементи в листовому опаді можна вважати найінформативнішими для діагностики життєвого стану деревно-чагарникових насаджень.

**Метою дослідження** було обґрунтувати можливість використання вмісту лужноземельних металів у листовому опаді як маркерів життєвого стану лісових культурфітоценозів Кривого Рогу.

**Матеріали і методи дослідження.** Об'єктами досліджень слугували лісові культурфітоценози Криворізького гірничо-металургійного регіону (Дніпропетровська обл.), які репрезентують основні складові різновиди штучних деревно-чагарникових насаджень і зростають у контрастних екологічних умовах. У закладених моніторингових ділянках у 2010-2015рр. установлювали розподіл і оцінювали життєвий стан деревних видів рослин за вертикальною структурою згідно з методикою [4] й відбирали зразки листового опад [9]. Вони були використані для приготування робочих розчинів мінералізату (сухе прожарювання в муфельній печі за температури 500-550 °С, золу розчиняли розведеною азотною кислотою 1:1 (HNO<sub>3</sub>), екстракту (екстрагент – розчин 3% оцтової кислоти (CH<sub>3</sub>COOH), співвідношення опад : розчин – 1:20) та витяжки (співвідношення опад : дистильована вода – 1:20). У розчинах оцінювали ступінь нагромадження вмісту лужноземельних металів, зокрема Кальцію (Ca), Магнію (Mg), (титрометрично) і Калію (K) та Натрію (Na) (іонометрично) [6]. Отримані результати опрацьовували математично з використанням варіаційної, кореляційної та регресійної статистик на рівні значущості P<0,95 [10, 11].

**Результати дослідження та їх обговорення.** Для поєднання впливу природних (трофність і вологість ґрунтів) і антропогенних чинників (забруднення атмосфери) нами вперше запропоновано матрицю екологічних інтегральних показників територій розташування лісових культурфітоценозів Криворіжжя. За її допомогою встановлено сприятливі, відносно сприятливі, відносно несприятливі та несприятливі зони екологічних умов розташування територій.

У фітоценозах у зоні сприятливих екологічних зон життєвий стан першого, другого і третього ярусів деревних рослин за шкалою В. А. Алексєєва [4] визначено як «Здоровий» – 86 умовних балів (у.б.). (рис. 1). За цих умов, показники стану першого ярусу були надзвичайно високими і становили 89у.б. Життєвий стан другого ярусу оцінено як «Ослаблений» (75у.б.), а третього (потенціальна основа для самовідновлення лісового фітоценозу) – «Здоровий» – 90у.б.



Мінералізат	Ca	3,86	0,12	13,4	3,09	0,11	12,5	2,67	0,29	32,2	2,60	0,24	20,5
	Mg	2,86	0,15	19,5	2,28	0,15	22,3	2,01	0,10	15,6	3,23	0,22	15,2
	K	0,94	0,04	19,4	0,56	0,03	18,7	0,38	0,02	13,5	0,38	0,03	18,4
	Na	0,01	0,01	29,4	0,01	0,01	31,3	0,02	0,02	29,5	0,02	0,01	15,0
Екстракт	Ca	0,55	0,04	28,7	0,53	0,05	34,5	0,66	0,06	29,2	0,61	0,13	28,4
	Mg	0,15	0,02	22,4	0,23	0,01	16,7	0,28	0,01	13,8	0,34	0,02	13,9
	K	0,46	0,03	20,9	0,36	0,02	21,6	0,30	0,01	11,2	0,26	0,01	19,3
	Na	0,01	0,01	24,7	0,09	0,01	31,0	0,01	0,01	18,9	0,01	0,01	19,5
Витяжка	Ca	0,26	0,02	27,5	0,23	0,02	29,1	0,24	0,02	24,4	0,16	0,01	17,9
	Mg	0,13	0,01	19,5	0,19	0,01	20,4	0,26	0,01	14,4	0,30	0,02	16,8
	K	0,34	0,02	28,4	0,18	0,02	36,7	0,10	0,01	21,2	0,11	0,02	33,2
	Na	0,01	0,01	33,4	0,03	0,01	35,6	0,02	0,01	19,8	0,03	0,01	30,8

*Примітки:* М – середня арифметична, m – абсолютна похибка середньої, V, % – коефіцієнт варіації.

Показано, що 2-3% розчини СН<sub>3</sub>СООН ефективні для отримання екстрактів з вегетативних органів рослин. Результати їх хімічного аналізу застосовують для експрес-діагностики ступеня забезпечення рослин елементами мінерального живлення [4]. У зв'язку з цим для вилучення еколого-біогеохімічно важливої форми лужноземельних металів з листового опаду перспективний 3% розчин СН<sub>3</sub>СООН. Визначено, що кількість Mg в екстракті листового опаду становить 5-14% відносно мінералізату, Ca – 14-25%, K – 49-79% та Na – 61-77%. Із погіршенням екологічних умов територій розташування лісових культурфітоценозів простежувалась тенденція до збільшення концентрації Mg та зменшення K в екстракті листового опаду рослин.

Останнім часом дистильовану воду широко використовують в екологічних дослідженнях листового опаду природних і штучних деревних насаджень. Вважають, що вона імітує природний дощ і вилучає з листового опаду наймобільніші форми хімічних елементів [7]. За результатами наших досліджень, уміст Ca у витяжці становив 6,2-9,0% відносно його кількості в мінералізаті, Mg – 4,6-13,0%, Na – 7,7-21% і K – 26-36%. Із погіршенням екологічних умов територій розташування лісових культурфітоценозів спостерігались тенденції до збільшення в екстракті листового опаду рослин концентрацій Mg і Na й зменшення Ca і K (табл. 1).

Нами доведено, що між умістом лужноземельних металів у листовому опаді та життєвим станом лісових культурфітоценозів достовірні 29 коефіцієнтів кореляції (за можливих 70) (табл. 2). У 15 випадках вони підтверджують наявність прямого зв'язку ( $r^2 > 0$ ): у разі зростання величин еколого-біогеохімічних показників листового опаду відбувалось підвищення ступеня життєвості деревостану насаджень. Для 14 інших випадків, навпаки, простежувався зворотній кореляційний зв'язок ( $r^2 < 0$ ).

На підставі оцінки сили кореляційного зв'язку між умістом лужноземельних металів у листовому опаді та життєвим станом деревостану лісових культурфітоценозів встановлено певні закономірності. У 15 випадках простежувався слабкий зв'язок ( $0,3 < |r^2| < 0,5$ ), у 12 – середній ( $0,5 < |r^2| < 0,7$ ) та у 2 випадках – сильний ( $0,7 < |r^2| < 0,9$ ). У межах матриці не

виявлено випадків сильного кореляційного зв'язку ( $|r_2| > 0,9$ ). Отримані результати підтверджують гіпотезу, що життєвий стан першого і другого ярусів деревних видів рослин є найчутливішим до вмісту лужноземельних металів у листовому опаді. За вектором зменшення кількості випадків і силою кореляційного зв'язку вони упорядковувались у такий ряд:  $K > Ca > Mg > Na$ .

У листовому опаді кислото-розчинна форма (екстракт) хімічних елементів виявилася найінформативнішою для оцінювання життєвого стану лісових культурфітоценозів (табл. 2).

У наших експериментах статистично значущими виявилися майже всі залежності життєвого стану деревостану від умісту лужноземельних металів у листовому опаді лісових культурфітоценозів (табл. 3). Виняток становив лише життєвий стан третього ярусу деревних видів рослин.

Кількісні значення коефіцієнтів регресійних залежностей свідчать, що життєвий стан лісових культурфітоценозів найефективніше прогнозується в разі врахування сумарних форм лужноземельних металів у листовому опаді (мінералізація, екстракт, витяжка). Стає очевидним, що життєвий стан деревних видів рослин лісових культурфітоценозів на 74-81% визначається еколого-біогеохімічними показниками листового опадку.

## 2. Кореляційна матриця залежностей життєвого стану деревостану й акумуляція вмісту лужноземельних металів у листовому опаді лісових культурфітоценозів Криворіжжя

Робочі розчини та хімічні елементи		Життєвий стан деревостану ярусів рослин				
		I+II+III	I+II	I	II	III
Мінералізація	Ca	0,585*	0,521*	0,040	0,450*	0,347*
	Mg	0,010	-0,092	0,585*	-0,123	0,229
	K	0,761**	0,701**	-0,447*	0,623*	0,254
	Na	-0,362*	-0,306*	0,017	-0,274	-0,198
Екстракт	Ca	0,093	0,117	-0,101	0,021	0,211
	Mg	-0,485*	-0,560*	0,333*	-0,598*	-0,176
	K	0,479*	0,406*	-0,319*	0,391*	-0,060
	Na	-0,615*	-0,611*	0,271	-0,581*	-0,404*
Витяжка	Ca	0,481*	0,450*	-0,188	0,407*	0,077
	Mg	-0,554*	-0,611*	0,061	-0,655*	-0,232
	K	0,233	0,171	0,074	0,236	0,016
	Na	0,035	0,082	0,040	0,106	-0,134

*Примітки:* «\*» – коефіцієнти кореляції достовірні на рівні значущості  $P < 0,05$ , «\*\*» –  $P < 0,01$ .

З'ясовано, що чим вищі кількісні значення коефіцієнтів множинної регресії, детермінації та критерію Фішера й нижча величина абсолютної похибки, тим точніше рівняння зв'язку описує аналітичні залежності [10, 11].

Можна дійти висновку, що сумарний життєвий стан першого, другого і третього ярусів деревних рослин найточніше визначається вмістом лужноземельних металів у мінералізаті. В інших випадках життєвий стан першого і другого ярусів деревних рослин (сукупний і відокремлений) детермінується концентраціями Ca, Mg, K і Na в екстракті. Нами висловлено припущення, що вміст наявних хімічних елементів у витяжці недостатньо ефективний для прогнозування життєвого стану деревних рослин. Так, у лісових культурфітоценозів він лише на 43–52% визначається еколого-біогеохімічними показниками листового опаду.

### 3. Мультирегресійні залежності життєвого стану деревостану від умісту лужноземельних металів у листовому опаді лісових культурфітоценозів Криворіжжя

Рівняння регресії	Регресійні статистики			Критерій Фішера	
	R	R <sup>2</sup>	m <sub>y</sub>	F <sub>фак</sub>	P
ЖСД <sub>1</sub> =25,9+7,29 Ca <sub>1</sub> -6,16 Mg <sub>1</sub> -15,1 K <sub>1</sub> +938 Na <sub>1</sub> +11,9 Ca <sub>2</sub> +71 Mg <sub>2</sub> +79,2 K <sub>2</sub> -2363 Na <sub>2</sub> +33,4 Ca <sub>3</sub> -133 Mg <sub>3</sub> -2,26 K <sub>3</sub> +195 Na <sub>3</sub>	0,90	0,81	7,34	5,14	0,002
ЖСД <sub>1</sub> =37,2+4,12 Ca <sub>1</sub> -1,94 Mg <sub>1</sub> -55,1 K <sub>1</sub> +107 Na <sub>1</sub>	0,79	0,62	8,41	8,90	0,002
ЖСД <sub>1</sub> =74,7+21,6 Ca <sub>2</sub> -48,5 Mg <sub>2</sub> +49,3 K <sub>2</sub> -1631 Na <sub>2</sub>	0,72	0,52	9,39	6,06	0,002
ЖСД <sub>1</sub> =78,8+73,6 Ca <sub>3</sub> -98,1 Mg <sub>3</sub> -3,72 K <sub>3</sub> -303 Na <sub>3</sub>	0,68	0,46	10,0	4,66	0,010
ЖСД <sub>2</sub> =52,99+7,40 Ca <sub>1</sub> +2,80 Mg <sub>1</sub> -9,47 K <sub>1</sub> +876 Na <sub>1</sub> +18,6 Ca <sub>2</sub> +8,76 Mg <sub>2</sub> +49,4 K <sub>2</sub> -2185 Na <sub>2</sub> +15,6 Ca <sub>3</sub> -114 Mg <sub>3</sub> -3,92 K <sub>3</sub> +509 Na <sub>3</sub>	0,88	0,77	8,65	3,98	0,010
ЖСД <sub>2</sub> =42,00+3,67 Ca <sub>1</sub> -4,35 Mg <sub>1</sub> +58,4 K <sub>1</sub> +230 Na <sub>1</sub>	0,74	0,55	9,73	6,69	0,001
ЖСД <sub>2</sub> =94,45+26,6 Ca <sub>2</sub> -102 Mg <sub>2</sub> +22,4 K <sub>2</sub> -1501 Na <sub>2</sub>	0,75	0,56	9,59	7,06	0,001
ЖСД <sub>2</sub> =93,4+66,3 Ca <sub>3</sub> -133 Mg <sub>3</sub> -17,4 K <sub>3</sub> -499 Na <sub>3</sub>	0,71	0,50	10,3	5,47	0,003
ЖСД <sub>3</sub> =54,90+3,79 Ca <sub>1</sub> -0,71 Mg <sub>1</sub> +9,07 K <sub>1</sub> +720 Na <sub>1</sub> +29,3 Ca <sub>2</sub> +61,6 Mg <sub>2</sub> +43,2 K <sub>2</sub> -1613 Na <sub>2</sub> +8,82 Ca <sub>3</sub> -138 Mg <sub>3</sub> -17,8 K <sub>3</sub> +229 Na <sub>3</sub>	0,90	0,81	7,33	4,83	0,003
ЖСД <sub>3</sub> =42,3+2,96 Ca <sub>1</sub> -3,60 Mg <sub>1</sub> +56,5 K <sub>1</sub> +544 Na <sub>1</sub>	0,71	0,51	9,31	5,65	0,003
ЖСД <sub>3</sub> =86,95+38,6 Ca <sub>2</sub> -98,2 Mg <sub>2</sub> +19,5 K <sub>2</sub> -1067 Na <sub>2</sub>	0,78	0,61	8,29	8,54	0,0003
ЖСД <sub>3</sub> =95,06+66,6 Ca <sub>3</sub> -109 Mg <sub>3</sub> -33,9 K <sub>3</sub> -	0,66	0,43	10,0	4,17	0,010

626 Na <sub>3</sub> ЖСД <sub>4</sub> =44,1+11,5 Ca <sub>1</sub> +7,77 Mg <sub>1</sub> - 61,6 K <sub>1</sub> +1188 Na <sub>1</sub> +24,8 Ca <sub>2</sub> -4,14 Mg <sub>2</sub> +70,8 K <sub>2</sub> - 2414 Na <sub>2</sub> +42,1 Ca <sub>3</sub> -184 Mg <sub>3</sub> -37,1 K <sub>3</sub> +722 Na <sub>3</sub>	0,86	0,74	10,4	3,31	0,020
ЖСД <sub>4</sub> =40,7+3,15 Ca <sub>1</sub> - 5,41 Mg <sub>1</sub> +60,5 K <sub>1</sub> +238 Na <sub>1</sub>	0,67	0,45	12,1	4,45	0,010
ЖСД <sub>4</sub> =103+22,5 Ca <sub>2</sub> -131 Mg <sub>2</sub> +11,4 K <sub>2</sub> - 1435 Na <sub>2</sub>	0,71	0,51	11,4	5,71	0,003
ЖСД <sub>4</sub> =91,2+65,6 Ca <sub>3</sub> -152 Mg <sub>3</sub> -6,19 K <sub>3</sub> - 143 Na <sub>3</sub>	0,72	0,52	11,3	5,87	0,002

*Примітки:* ЖСД – життєвий стан деревостану ярусів: 1 – I+II+III, 2 – I+II, 3 – I, 4 – II, 5 – III. Уміст лужноземельних металів у мінералізаті (1), екстракті (2), витяжці (3). R – множинний коефіцієнт регресії, R<sup>2</sup> – множинний коефіцієнт детермінації, m<sub>y</sub> – абсолютна похибка, F<sub>фак</sub> – F відношення, P – рівень значущості.

**Висновки і перспективи.** Уміст лужноземельних металів (Ca, Mg, K та Na) в листовому опаді доцільно вважати точним еколого-біогеохімічним маркером, який інформативно відображають життєвий стан деревних видів рослин лісових культурфітоценозів в умовах посушливого степового клімату та забруднення навколишнього середовища. У перспективі актуально використання 3% розчину CH<sub>3</sub>COOH для отримання максимально точних мультирегресійних рівнянь зв'язку.

#### Список використаних джерел

1. Бельгард А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М.: Лесн. пром-ть, 1971. – 336 с.
2. Лихолат Ю.В. Еколого-фізіологічні особливості багаторічних дерноутворюючих злаків техногенних територій // Ю.В. Лихолат. – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетровського ун-ту, 1999. – 210 с.
3. Савосько В. М. Сучасний стан основних насаджень Довгинцівського дендропарку (м. Кривий Ріг) / В. М. Савосько, М. О. Квітко // Промислова ботаніка. – 2014. – Вип. 14. – С. 106–114.
4. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В. А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – №4. – С. 51–57.
5. Савосько В.М. Динаміка екоморфічного та біоморфічного спектрів дендрофлори колишнього ботанічного саду Криворізького державного педагогічного інституту / В.М. Савосько // Екологія та ноосферологія. – 2014. – 25, №1–2. – С. 37–45.
6. Лихолат Ю.В. Використання дерноутворюючих трав для діагностики рівня забруднення навколишнього середовища важкими металами / Ю.В. Лихолат, І.П. Григорюк // Доп. НАН України. – 2005. – №8. – С. 196–200.
7. Савосько В.М. Еколого-біогеохімічні особливості листового опадку штучних деревних насаджень степу в умовах промислового регіону / В.М. Савосько // Вісник Львівського університету. Серія біол. – 2015. – Вип. 70. – С. 144–154.
8. Вернадський В.І. Про хімічний аналіз ґрунтів / В.І. Вернадський. – К.: Наук. думка, 1969. – С. 321–326.
9. Базилевич Н. И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах / Н. И. Базилевич, Н. П. Ремезов, Л. Е. Родин. – Л., 1968. – 143 с.
10. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., – 1990. – 352 с.

11. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. Справочное пособие / Л.З. Румшинский. – М.: Наука, 1971. – 192 с.
12. Добровольский В.В. Основы биогеохимии / В.В. Добровольский. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.
13. Башкир В.Н., Биогеохимия / В.Н. Башкир, Н.С. Касимов. – М.: Научный мир, 2004. – 648 с.
14. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур / В.В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.

### References

1. Belhard A. L. Stepnoe lesovedenye / A.L. Belhard. – Moskva: Lesnaia promishlennost, 1971. – 336 s.(in Russian).
2. Lykholat Yu.V. Ekologo-fiziolohichni osoblyvosti bahatorichnykh dernoutvoriuiuchykh zlakiv tekhnohennykh terytorii / Yu. V. Lykholat. - Dnipropetrovsk: Vyd-vo Dnipropetrovskoho un-tu, 1999. - 210 s. (in Ukrainian).
3. Savosko V. M. Suchasnyi stan osnovnykh nasadzen Dovhyntsiivskoho dendroparku (m. Kryvyi Rih) / V. M. Savosko, M.O. Kvitko // Promyslova botanika. – 2014. – Vyp. 14. – S. 106-114. (in Ukrainian).
4. Alekseev V. A. Dyahnostyka zhyznennoho sostoiannya derev y drevostoev / V. A. Alekseev // Lesovedenye. – 1989. – №4. – S. 51-57. (in Russian).
5. Savosko V.M. Dynamika ekomorfichnoho ta biomorfichnoho spektriv dendroflory kolyshnoho botanichnoho sadu Kryvorizkoho derzhavnoho pedahohichnoho instytutu / V. M. Savosko // Ekolohiia ta noosferalohiia. – 2014. – 25, №1-2. – S. 37-45. (in Ukrainian).
6. Lykholat Yu.V. Vykorystannia dernoutvoriuiuchykh trav dlia diahnostyky rivnia zabrudnennia navkolyshnoho seredovyshcha vazhkymy metalamy / Yu. V. Lykholat, I.P. Grigoryuk // Dop. NAN Ukrainy. – 2005. – №8. – S. 196–200. (in Ukrainian).
7. Savosko V.M. Ekologo-bioheokhimichni osoblyvosti lystovoho opadu shtuchnykh derevnykh nasadzen stepu v umovakh promyslovoho rehionu / V. M. Savosko // Visnyk Lvivskoho universytetu. Serija biol. – 2015. – Vyp. 70. – S. 144–154. (in Ukrainian).
8. Vernadskyi V.I. Pro khimichnyi analiz gruntiv / V.I. Vernadskyi - vybrani pratsi. – K.: Nauk. dumka, 1969. – S. 321-326. (in Ukrainian).
9. Bazylevych N. Y. Metodycheskye ukazanyia k yzucheniu dynamyky y byolohycheskoho kruhovorota v fytotsenozakh / N.Y. Bazylevych, N.P. Remezov, L.E. Rodyn. – L., 1968. – 143 s. (in Russian).
10. Lakyn H.F. Byometryia / H.F. Lakyn. – M.: Vissh. shk., 1990. – 352 s. (in Russian).
11. Rumshynskiy L.Z. Matematycheskaia obrabotka rezultatov eksperymenta. Spravochnoe posobyie / L.Z. Rumshynskiy. – M.: Nauka, 1971. – 192 s. (in Russian).
12. Dobrovolskiy V.V. Osnovy byoheokhymyy / V.V. Dobrovolskiy. – M.: Yzdatelskiy tsentr «Akademyia», 2003. – 400 s. (in Russian).
13. Bashkyr V.N. Byoheokhymyia / V.N. Bashkyr, N.S. Kasymov. – M.: Nauchnyi myr 2004. – 648 s. (in Russian).
14. Tserlynh V.V. Dyahnostyka pytanyia selskokhoziaistvennikh kultur / V. V. Tserlynh. – M.: Ahropromyzdat, 1990. - 235 s. (in Russian).

## ЭКОЛОГО-БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ СТЕПИ И ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА



**В. М. Савосько, М. О. Квитко, Ю. В. Лихолат, И. А. Григорюк, Е. Н. Богач,  
Б. Е. Якубенко**

**Аннотация.** Обнаружено три биогеохимические формы содержания Ca, Mg, K и Na в листовенном опаде лесных культурфитоценозов, которые растут в контрастных экологических условиях Криворожского горно-металлургического региона. Установлено, что между концентрациями щелочноземельных металлов в листовенном опаде и жизненным состоянием древостоя существуют статистически достоверные зависимости. В большинстве случаев обнаружено прямую и обратную корреляционные связи средней силы. Коэффициенты детерминации мультирегрессионных уравнений свидетельствуют, что жизненное состояние древостоя лесных культурфитоценозов Криворожья на 50-81% прогнозируется эколого-биогеохимическими характеристиками листовенного опада.

**Ключевые слова:** древесные растения, лесные культурфитоценозы, жизненное состояние, щелочноземельные металлы, эколого-биогеохимические маркеры, коэффициенты детерминации.

#### **THE ECOLOGICAL AND BIOGEOCHEMICAL MARKERS OF VITAL STATE'S ARBOREAL PLANTS IN CULTIVATED COMMUNITY AT STEPPE AND INDUSTRIAL REGION'S CONDITIONS**

**V. Savosko, M. Kvitko, Yu. Lykholat, I. Grygoryuk, E. Bogach, B. Yakubenko**

**Abstract.** Three biogeochemical forms of Ca, Mg, K and Na content in the leaf fall of forest plantophytocenoses, which grow in contrasting ecological conditions of the Krivoi Rog Mining and Metallurgical Region, are found. It has been established that there are statistically reliable dependences between the concentrations of alkaline earth metals in leaf fall and the vital state of the stand. In most cases, the direct and inverse correlation of the mean force is revealed. Coefficients of determination of multi-regression equations indicate that the vital state of the forest stand of forest landscapits of Krivorozhye is predicted by 50-81% of the ecological and biogeochemical characteristics of leaf litter.

**Keywords:** woody plants, forest plant phytocenosis, state of life, alkaline earth metals, ecological and biogeochemical markers, determination coefficients.