

## **Важкі метали в гаметофітах моху *Bryum argenteum* Hedw. та ґрунтах на територіях заводів міста Миколаєва (Україна)**

ОЛЕНА СЕРГІЙВНА КОМІСАР  
МИХАЙЛО ФЕДОСІЙОВИЧ БОЙКО

КОМІСАР О.С., БОЙКО М.Ф. (2013). **Важкі метали в гаметофітах моху *Bryum argenteum* Hedw. та ґрунтах на територіях заводів міста Миколаєва (Україна).** *Чорноморськ. бот. ж.*, 9 (4): 533-541.

На територіях чотирьох заводів міста Миколаєва (Україна) проведено дослідження вмісту важких металів – Cu, Zn, Cd, Pb в ґрунтах та гаметофітах моху *Bryum argenteum* Hedw. Аналіз коефіцієнтів акумуляції важких металів в ґрунтах територій заводів м. Миколаєва (Миколаївський глиноземний завод, Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря»-«Машпроект», ВАТ «Дамен Шип'ярдс Океан» та Суднобудівний завод імені 61-Комунара) показав, що коефіцієнти акумуляції в них в 1-1,5 рази більші, ніж в гаметофітах досліджуваного моху. Найменш забрудненою важкими металами у порівнянні з умовно чистою зоною є територія суднобудівного заводу імені 61-Комунара. Отримані дані підтверджують належність даного виду моху до рослин-індикаторів.

*Ключові слова:* важкі метали, мохоподібні, ґрунти, *Bryum argenteum*, Україна

КОМІСАР О.С., БОЙКО М.Ф. (2013). **Heavy metals in the moss gametophyte *Bryum argenteum* Hedw. and in the soil inside the plant in Nikolaev (Ukraine).** *Chornomors'k. bot. z.* 9 (4): 533-541.

In the surroundings of the four factories in the city of Mykolaiv (Ukraine) research was carried out and the content of heavy metals – Cu, Zn, Cd, Pb in soils and gametophyte of moss *Bryum argenteum* was analysed. Also the coefficients of accumulation of heavy metals in soils were analyzed at surrounding territories of factories of Mykolaiv city (Mykolayiv Alumina Plant, Research and Production Complex of Gas Turbine "Zorya"- "Mashproject", JSC "Damen Shipyards Ocean" and Shipyard named after 61-Communards) 1-1,5 times higher than coefficients of accumulation gametophyte of investigated moss. The least contaminated in comparison with conditionally pure area is the territory and the surroundings of the factory of 61-Communards. These data confirm that this type of moss refers to indicator plants.

*Key words:* heavy metals, bryophytes, soils, *Bryum argenteum*, Ukraine

КОМІСАР Е.С., БОЙКО М.Ф. (2013). **Тяжелые металлы в гаметофитах мха *Bryum argenteum* Hedw. и почвах территорий заводов г. Николаева (Украина).** *Черноморск. бот. ж.*, 9 (4): 533-541.

На территориях четырех заводов города Николаева (Украина) проведены исследования содержания тяжелых металлов – Cu, Zn, Cd, Pb в почвах и гаметофитах мха *Bryum argenteum*. Анализ коэффициентов аккумуляции тяжелых металлов в почвах территорий заводов г. Николаева (Николаевский глиноземный завод, Научно-производственный комплекс газотурбостроения «Заря»- «Машпроект», ВАТ «Дамен Шипьярдс Океан» и Судостроительный завод имени 61-коммунара) показал, что коэффициенты аккумуляции в них в 1-1,5 раза больше, чем

в гаметофітах досліджуваного мха. Найменше забрудненої важкими металами в порівнянні з умовно чистою зоною є територія судостроительного заводу імені 61- Коммунара. Отримані дані підтверджують, що даний вид мха належить до рослин-індикаторів.

*Ключеві слова:* важкі метали, мохоподібні, ґрунти, *Bryum argenteum*, Україна

Багато видів мохів належать до організмів, які здатні до накопичення важких металів у значних кількостях [GROET, 1976; GRODZINSKA, 1978; SHAW et al., 1989; GRGIC, NEDEZDIN, 1990; ONIANWA, 2001]. В техногенних екотопах вони є одним із важливих компонентів, завдяки своїй високій толерантності до таких умов існування та наявності в них широкого спектру резистентних форм [КУЧАК 2006, 2012; MASHTALER, 2004, 2007; НЛУКНОВ, MASHTALER, 2007]. У мохів виробилися певні внутрішньовидові форми стійкості до токсичної дії важких металів [ЛОВАСЧЕВСЬКА et al., 1991]. На забруднених важкими металами територіях спостерігаються деякі кореляційні зв'язки між ступенем забруднення ґрунтів та їх вмістом у гаметофітах епігейних видів мохів [НЛУКНОВ, MASHTALER, 2007]. Мохоподібні показують ступінь забруднення важкими металами у містах, а особливо навколо індустриальних агломерацій та промислових підприємств [ANDERSEN et al., 1978; KALDA, 1983; ТАММ, 1984; ДАНЫЛКІВ, ДЕМКІВ, МАМЧУР, 1993; ГАМБРІАН, ТЕРЛЯКОВА, 1998; ПРУДНІКОВА, 2001, 2004; НЛУКНОВ, MASHTALER, 2007]. Забруднення ґрунтів важкими металами залежать від потужності, характеристик і тривалості роботи підприємств, від інтенсивності руху транспорту, а іншої – від ландшафтно-геоморфологічних умов. Важкі метали міцно зв'язуються у верхньому шарі ґрунту. Найвищі показники вмісту забрудників спостерігаються на відстані від 1 до 5 км від джерел забруднення, при віддаленні від підприємства рівень забруднення зменшується і показники наближаються до фонових [ДРУГОВ, РОДИН, 2007].

При дослідженні забруднення довкілля та проведенні екомоніторингу до важких металів більше 40 хімічних елементів – металів періодичної системи з атомною масою понад 50 атомних одиниць: Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb та ін. Особливу увагу звертають на ті елементи, які токсичні для організмів та можуть накопичуватися в них. Такими, як відомо, вважаються метали, які характеризуються густиною більше 8 г/см<sup>3</sup>, це – Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg [НЛУКНОВ, MASHTALER, 2007].

Мох *Bryum argenteum* – космополітний вид, часто зустрічається в різних типах природних, а особливо антропогенних екосистемах, в тому числі і в екосистемах міста Миколаєва [КОМІСАР, 2010, 2011, 2012 а, б; КОМІСАР et al., 2012]. Вид має життєву форму щільна дернина, за екоморфами він є: за відношенням до вологи – мезоксерофітом, до освітлення – геліофітом, до трофності субстрату – олігомезотрофом, а до хімізму субстрату – інцертрофітом [БОЙКО, 1999].

*Bryum argenteum* характеризується широкою екологічною амплітудою та відзначається значною резистентністю до забруднення територій. Він може накопичувати велику кількість важких металів [SHAW, ALBRIGHT, 1989; SHAW et al., 1989, 1991; НЛУКНОВ, MASHTALER, 2007], тому його можна використовувати як індикаторний вид, як тест-вид щодо ступеня забруднення будь-якої території викидами різних підприємств, переважно важкої промисловості. Відомо, що для таких мохів, як *Ceratodon purpureus* та *Bryum argenteum*, властива широка екологічна амплітуда і вони можуть освоювати різні місцезростання, включаючи і забруднені важкими металами екотопи.

Метою наших досліджень було виявити вміст важких металів в гаметофітах мху *Bryum argenteum* та в ґрунтах, на яких він росте на територіях та околицях заводів м. Миколаєва, та провести відповідний аналіз за матеріалами отриманих

результатів. Дослідження були проведені на територіях та в околицях промислових підприємств Миколаєва.

### Матеріали та методи досліджень

Основою для даної роботи стали матеріали щодо вмісту важких металів в гаметофітах моху *Bryum argenteum* та в ґрунті територій заводів. Зразки моху та ґрунтів відбиралися на пробних площах територій заводів м. Миколаєва.

1. Миколаївський глиноземний завод (далі – МГЗ). Розташований за містом, на Галицинівському піщаному масиві, у певному віддаленні від автошляхів. Зі сходу та півночі в околиці заводу заходить штучний сосновий ліс, з південної частини – мішані деревні насадження, на заході територія межує з узбережжям Бузького лиману.

2. Державне підприємство «Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря»-«Машпроект» (далі «Зоря»-«Машпроект»). Виготовляє багатопрофільні газотурбінні двигуни й установки, що використовуються для оснащення кораблів, транспортування природного газу і виробництва електроенергії. Розташований в межах міста. З південного боку до околиць заводу входить територія Жовтневого проспекту, з півночі і сходу знаходяться парк «Дубки» (ПТЗ) і невеликий сквер, поряд проходять залізничні колії (західна частина).

3. Відкрите акціонерне товариство (ВАТ) «Дамен Шип'ярдс Океан» (далі – завод «Океан» або «Океан»). Суднобудівний завод, основною продукцією якого є танкери, суховантажні судна, рефрижератори, траулери, плавучі готелі і військові кораблі різноманітних типів. Збудований в межах міста, на околиці мікрорайону «Жовтневий».

4. Державне підприємство «Суднобудівний завод імені 61-го Комунара» (далі завод імені 61-Комунара або 61-Комунара). З півночі поряд із заводом протікає річка Інгул, зі сходу та заходу завод оточений житловими будівлями, з південної частини біля заводу проходять автошляхи, знаходиться автостоянка та площа Комунарів з численними деревними насадженнями.

Проби відбирались восени. Відбір проб рослинного матеріалу проводили на тих самих ділянках, що і проб ґрунту – в промислових зонах і в рекреаційній зоні (умовно чиста зона міста – УЧМ) для порівняння рівня забруднення. Проби поміщали в поліетиленові мішечки з етикеткою, на якій вказували назву рослини, місце відбору та дату взяття проби. Для ідентифікації моху використовували тимчасові препарати, які аналізували за допомогою бінокулярного мікроскопа МБС-2 та МІСМЕД-2 в лабораторії екомоніторингу та біорізноманіття ім. Й.К. Пачоського кафедри ботаніки Херсонського державного університету.

Проби ґрунту відбирали на глибині 5 см. Аналіз ґрунту проводили відповідно до методики, яку використано в роботі А.В. Хавезова, Д.Л. Цалева [KHAWEZOV, TSALEV, 1989]. Наважку ґрунту готували таким чином: висушували на повітрі, просіювали на ситі (D=0.1 мм) та зважували на вагах 4 – класу точності AXIS. Маса наважки ґрунту для екстракції різних форм важких металів була 5 г. Екстракцію хімічних форм важких металів з ґрунту при аналізі здійснювали шляхом переведення проб в розчин за допомогою кислот (використовували 1-молярні розчини (HNO<sub>3</sub> та HCl) та буферних розчинів (для ґрунтів використовували 1-молярний ацетатно-амонійний буферний розчин з рН 4,8 – далі ААБ). Відношення ґрунту до розчину 1:10, час взаємодії ґрунту з розчином – 1 доба. Кислоторозчинні форми екстрагували 1-молярною азотною кислотою. Відношення «ґрунт-розчин» та час екстракції такі самі, як і для обмінних форм. На першому етапі досліджень обмежувалися визначенням кислото-розчинних форм металів.

Після відбору проби озолляли за загальноприйнятою методикою. Валовий вміст важких металів (Cu, Zn, Cd, Pb) в гаметофітах мохів та ґрунті проводили атомно-

абсорбційним методом на двопробеному спектрофотометрі С-115-М1 (м. Суми ВО «SELMI»), полум'я:ацетилен особливої чистоти фірми «ТОВ «Лінде» (ГОСТ 5457-75), компресор діафрагмовий УК-40. Дані обробляли статистично за допомогою програм «Statistic for Windows». Результати, які є середніми з паралельних вимірювань виражали в мг/кг. Похибка визначення не перевищує: 1% для міді, 0,5% для цинку, 5% для кадмію, 3% для свинцю.

### Результати досліджень та їх обговорення

Проведені нами у 2009-2013 рр. дослідження показали, що на територіях заводів Миколаєва бріофлору формують 34 види мохоподібних [KOMISAR, ZAGORODNYUK, 2012], які є звичайними представниками бріофлори степової зони України [BOIKO, 2009]. Для дослідження на вміст важких металів було обрано *Bryum argenteum*, який було знайдено на всіх промислових територіях, обраних для дослідження.

Таблиця 1

#### Вміст важких металів у ґрунтах територій заводів міста Миколаєва

Table 1

#### Accumulation of heavy metals in soils of surrounding areas of Mykolaiv plants

№ п/п	Місце збору	Вміст важких металів в ґрунті, мг/кг			
		Cu	Zn	Cd	Pb
1	Миколаївський глиноземний завод	92,33±0,92	218,33±1,09	19,33±0,97	32,00±0,96
2	Завод «Океан»	30,67±0,31	100,00±0,5	47,33±2,37	10,00±0,3
3	Завод імені 61-Комунара	29,33±0,29	90,33±0,45	31,67±1,58	13,00±0,39
4	Завод «Зоря»-«Машпроект»	54,00±0,54	280,66±1,40	36,33±1,82	9,00±0,27
5	Умовно чиста зона (УЧЗ)	14,33±0,14	269,66±1,35	22,33±1,12	9,67±0,29

На основі проведених досліджень виявилось, що в ґрунтах територій усіх заводів міста Миколаєва відбувається накопичення важких металів, але в різних кількостях. Найбільшу кількість Cu містить ґрунтовий покрив Миколаївського глиноземного заводу (92,33±0,92) та заводу «Зоря»-«Машпроект», що перевищує кількість Cu в ґрунтовому покриві умовно чистої зони (14,33±0,14) відповідно майже в 6,5 та 3,8 разів (табл. 1, рис. 1).

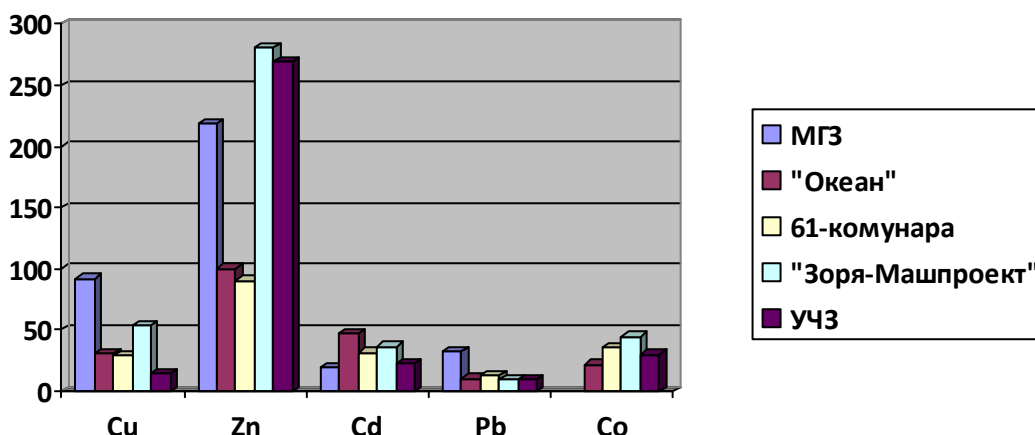


Рис. 1. Вміст важких металів в ґрунтах територій заводів міста Миколаєва.

Fig. 1. Content of heavy metals in soils of surrounding areas of Mykolaiv plants

Щодо Zn, найбільший вміст цього важкого металу спостерігався на території заводу «Зоря»-«Машпроект», найменшу його кількість відмічено на території заводу імені 61-Комунара. Проте треба відмітити, що вміст цього металу у ґрунтах територій усіх заводів не перевищує значень його вмісту у ґрунтах умовно чистої зони. Найбільше Cd містять ґрунти заводу «Океан» ( $47,33 \pm 2,37$ ), найменше – ґрунти МГЗ ( $19,33 \pm 0,97$ ), що навіть менше, ніж в ґрунтах умовно чистої зони. Щодо вмісту важкого металу Pb, то його найбільше містять ґрунти території МГЗ, майже в 3,5 рази більше, ніж в умовно чистій зоні (табл.1, рис.1).

В гаметофітах (пагони з листками та ризоїдами) моху *Bryum argenteum* найбільшим вмістом Cu характеризуються рослини з території МГЗ (у 4,5 рази більше, ніж в умовно чистій зоні), за вмістом Zn – з території заводу «Океан» (у 5 разів більше, ніж в умовно чистій зоні), за вмістом Cd та Pb – з території заводу «Зоря» – «Машпроект». Найменший вміст Cu визначено в гаметофітах моху з території заводу імені 61-Комунара, за вмістом Zn – з території заводу «Зоря»-«Машпроект» та заводу імені 61-Комунара, за вмістом Cd – з території МГЗ та заводу «Океан», за вмістом Pb – з території заводу «Океан».

Таблиця 2

Вміст важких металів у гаметофітах моху *Bryum argenteum* територій заводів міста Миколаєва

Table 2

Accumulation of heavy metals by gametophyte moss *Bryum argenteum* on surrounding areas of Mykolaiv plants

№ п/п	Місце збору	Вміст важких металів в гаметофітах моху <i>Bryum argenteum</i> , мг/кг			
		Cu	Zn	Cd	Pb
1	Миколаївський глиноземний завод	$89,66 \pm 0,89$	$155,00 \pm 0,78$	$19,67 \pm 0,98$	$15,00 \pm 0,45$
2	Завод «Океан»	$22,66 \pm 0,23$	$301,67 \pm 1,51$	$21,33 \pm 1,07$	$5,00 \pm 0,15$
3	Завод імені 61-Комунара	$20,00 \pm 0,2$	$49,00 \pm 0,25$	$33,33 \pm 1,67$	$33,00 \pm 0,99$
4	Завод «Зоря»-«Машпроект»	$41,00 \pm 0,41$	$41,33 \pm 0,21$	$39,67 \pm 1,98$	$35,67 \pm 1,07$
5	Умовно чиста зона (УЧЗ)	$20,00 \pm 0,2$	$61,00 \pm 0,31$	$22,67 \pm 1,13$	$5,33 \pm 0,16$

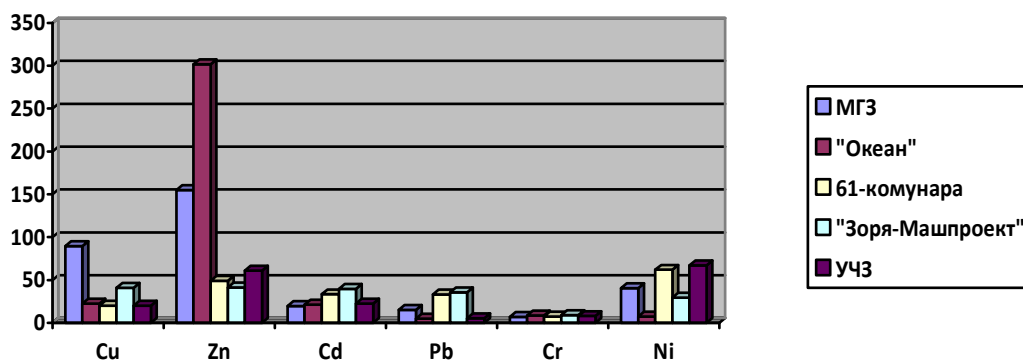


Рис. 2. Вміст важких металів в гаметофітах моху *Bryum argenteum* територій заводів м. Миколаєва

Fig. 2. Content of heavy metals in the gametophyte moss *Bryum argenteum* on surrounding areas of Mykolaiv plants.

Отже, в гаметофітах моху територій заводів накопичення важких металів інше в порівнянні з накопиченням в ґрунтах. Так, наприклад, Pb, знайдений в малих кількостях в ґрунті, був присутній в значній кількості в гаметофітах моху територій заводів «Зоря»-«Машпроект» і 61-Комунара, що свідчить про накопичення його з повітря. Значну кількість Cu знайдено і в ґрунті, і в гаметофітах території Миколаївського глиноземного заводу, що свідчить про те, що певну частину цього важкого металу мох *Bryum argenteum* вбирає в себе з ґрунту. Відносно найменш забрудненою цим металом є територія заводу імені 61-Комунара. Порівнюючи дані щодо Cu (табл.1, 2) в ґрунтах та в гаметофітах моху видно, що ґрунти накопичують більшу кількість важкого металу, ніж гаметофіти моху, а це є свідченням, що мох за час свого існування поблизу заводів увібрав в себе важкі метали з ґрунту.

За даними коефіцієнтів акумуляції важких металів в ґрунтах можна скласти ранжовані ряди територій заводів за принципом їх зменшення (табл. 3):

Cu: Миколаївський глиноземний завод > «Зоря»-«Машпроект» > «Океан» > 61-Комунара;

Zn: «Зоря-Машпроект»> Миколаївський глиноземний завод > «Океан» > 61-Комунара;

Таблиця 3

Коефіцієнти акумуляції важких металів в ґрунтах територій заводів міста Миколаєва

Table 3

Odds accumulation of heavy metals in soils of surrounding areas of Mykolaiv plants

№ п/п	Місця відбору проб	Коефіцієнти акумуляції важких металів в ґрунтах промислових зон міста Миколаєва			
		Cu	Zn	Cd	Pb
1	Миколаївський глиноземний завод	6,44	0,81	0,87	3,31
2	Завод «Океан»	2,14	0,37	2,12	1,03
3	Завод 61-Комунара	2,046	0,33	1,42	1,34
4	Завод «Зоря»-«Машпроект»	3,768	1,04	1,64	0,93

Cd: «Океан» > «Зоря»-«Машпроект» > 61-Комунара > Миколаївський глиноземний завод;

Pb: Миколаївський глиноземний завод > 61-Комунара > «Океан» > «Зоря»-«Машпроект».

Таким чином, коефіцієнти акумуляції важких металів в ґрунтах заводів міста Миколаєва (табл. 4) у більшості випадків більші, ніж коефіцієнти акумуляції гаметофітів моху *Bryum argenteum* цих же територій, що дає можливість вказати на те, що, очевидно, певну частину важких металів мохоподібні акумулюють з ґрунту.

Таблиця 4

Коефіцієнти акумуляції важких металів в гаметофітах моху *Bryum argenteum* територій заводів міста Миколаєва

Table 4

Odds of accumulation of heavy metals in the moss gametophyte *Bryum argenteum* plants of surrounding areas of Mykolaiv plants

№ п/п	Місця відбору проб	Коефіцієнти акумуляції важких металів в гаметофітах моху <i>Bryum argenteum</i>			
		Cu	Zn	Cd	Pb
1	Миколаївський глиноземний завод	4,48	2,54	0,67	2,61
2	Завод «Океан»	1,13	4,95	0,94	0,54
3	Завод 61-Комунара	1,00	0,8	1,47	6,19
4	Завод «Зоря»-«Машпроект»	2,05	0,67	1,75	6,69

В ранжованих рядах за коефіцієнтом акумуляції важких металів гаметофітами моху території заводів відносно вмісту Cu знаходяться на тих самих місцях, що і за коефіцієнтом акумуляції важких металів ґрунтових проб, а за вмістом Zn, Cd та Pb порядок розміщення зовсім інший. Так, за вмістом Cu найбільший коефіцієнт акумуляції металів гаметофітами моху має територія Миколаївського глиноземного заводу, а найменший заводу імені 61-Комунара.

### Висновки

У порівнянні з умовно чистою зоною найменш забрудненими важкими металами Cu і Zn є ґрунти території заводу імені 61-Комунара, Cd – ґрунти території Миколаївського глиноземного заводу, Pb – ґрунт території заводів «Океан» та «Зоря»-«Машпроект».

Ґрунти накопичують більшу кількість важких металів Cu і Zn, ніж гаметофіти моху *Bryum argenteum*, що свідчить про те, що мох за час свого існування на територіях заводів убирає в себе ці важкі метали з ґрунту.

Коефіцієнти акумуляції важких металів в ґрунтах територій заводів міста Миколаєва у більшості випадків більші, ніж коефіцієнти акумуляції гаметофітів моху *Bryum argenteum* цих же територій. Це вказує на те, що рослини *Bryum argenteum*, акумулюють важкі метали не тільки з атмосфери, а й певну частину акумулюють з ґрунту. Це підтверджує належність цього виду мохів до росли-індикаторів.

Отримані матеріали є базовими для подальших, більш детальних досліджень індикаторної ролі мохоподібних щодо характеру та ступеню забруднення території міста Миколаєва важкими металами.

### References

- ANDERSEN A., HOVMAND M.F., JOHNSEN I. (1978). Atmospheric heavy metal deposition in the Copengagen area. *Environ.Pollut.*, **17** (1): 133-152.
- ВОЙКО М.Ф. (1999). Мохобразные в фитосенозах степной зоны Европы. Kherson: Ailant. 160 p. [Бойко М.Ф. (1999). Мохобразные в фитоценозах степной зоны Европы. Херсон: Айлант. 160 с.]
- ВОЙКО М.Ф. (2009). Мохоподібні степової зони України. Kherson: Ailant. 276 p. [Бойко М.Ф. (2009). Мохоподібні степової зони України. Херсон: Айлант. 276 с.]
- DANYLKIV I.S., DEMKIV O.T., MAMCHUR Z.I. (1993). Vydovyi sklad epifitnykh mokhiv v umovakh zabrudnennya tsementnoho zavodu. *Ukr. bot. zhurn.*, **50** (6): 67-70. [ДАНИЛКІВ І.С., ДЕМКІВ О.Т., МАМЧУР З.І. (1993). Видовий склад епіфітних мохів в умовах забруднення цементного заводу. *Укр. бот. журн.*, **50** (6): 67-70]
- DRUGOV YU.S., RODIN A.A. (2007). Analiz zagryaznennoy pochvy i opasnykh othodov: Prakticheskoe rukovodstvo. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy. 424 p. [ДРУГОВ Ю.С., РОДИН А.А. (2007). Анализ загрязненной почвы и опасных отходов: Практическое руководство. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 424 с.]
- GAMBARYAN S.K., TEPLYAKOVA S.V. (1998). Mokhoobraznye kak indikatory zagryazneniya vozdukhа v promyshlennykh rayonakh Primorskogo kraя (Rossiya). Rasteniya v mussonnom klimate: mat-ly konf., posvyaschennoy 50-letiyu Botanicheskogo sada-institutа DVO RAN. Vladivostok. 275-277. [ГАМБАРЯН С.К., ТЕПЛЯКОВА С.В. (1998). Мохобразные как индикаторы загрязнения воздуха в промышленных районах Приморского края (Россия). Растения в муссонном климате: мат-лы конф., посвященной 50-летию Ботанического сада-института ДВО РАН. Владивосток. 275-277]
- GRGIC P., NEDEZDIN M. (1990). Bioaccumulation of heavy metals in mosses. *Dev. Ecol. Perspect.* 21st Cent 5th Int Congr. Ecol. Yokohama, Aug. 23-30. 428-431.
- GRODZINSKA K. (1978). Mosses as bioindicators of heavy metal pollution in Polish national parks. *Water, Air and Soil Pollution*, **9**: 83-97.
- GROET S.S. (1976). Regional and local variations in heavy metal concentrations of bryophytes in northeastern United States. *Oikos*, **27**: 445-456
- HAVEZOV A.V., TSALEV D.L. (1989). Atomno-absorbtsionnaya spektroskopiya. MGU. 143 p. [ХАВЕЗОВ А.В., ЦАЛЕВ Д.Л. (1989). Атомно-абсорбционная спектроскопия. МГУ. 143 с.]

- HLUKHOV O.Z., MASHTALER O.V. (2007). Briindykatsiya tekhnogennoho zabrudnennya navkolyshnoho seredovyschcha pivdennoho skhodu Ukrainy. D.: «Вебер». 153 p. [ГЛУХОВ О.З., МАШТАЛЕР О.В. (2007). Бріоіндикація техногенного забруднення навколишнього середовища південного сходу України. Д.: «Вебер». 153 с.]
- KALDA A.O. (1983). O rasprostraneniі epifitnykh mhov v promyshlennykh rayonakh severnoi Estonii. *Lesovodstvennye issledovaniya*, **18** (1): 67-76. [КАЛДА А.О. (1983). О распространении эпифитных мхов в промышленных районах северной Эстонии. *Лесоводственные исследования*, **18** (1): 67-76]
- KOMISAR O.S. (2010). Materialy do brioflory parku «Peremohy» m. Mykolayeva. *Zbirnyk naukovykh prats. Kh Mizhnarodni novorichni biolohichni chytannya*, **10**: 208-210. [КОМИСАР О.С. (2010). Матеріали до бріофлору парку «Перемоги» м. Миколаєва. *Збірник наукових праць. X Міжнародні новорічні біологічні читання*, **10**: 208-210]
- KOMISAR O.S. (2011). Materialy do brioflory parku «Lisky». Zbirnyk VI mizhnar. konf. molodykh vchenykh «Biolohiya: vid molekuly do biosfery» (22-25 november 2011, Kharkiv). Kh.: FLP Shapovalova T.N. 416-417. [КОМИСАР О.С. (2011). Матеріали до бріофлору парку «Ліски». *Збірник VI міжнародна конференція молодих вчених «Біологія: від молекули до біосфери» (22-25 листопада 2011р., м. Харків)*. Х.: ФЛП Шаповалова Т.Н. 416-417]
- KOMISAR O.S. (2012). Materialy do brioflory parku H.I.Petrovskoho. IV vidkrytyy zyzid fitobiolohiv Prychornomorya (Kherson, 19 january 2012). Zbirka tez dopovidey (vidp. redaktor O.Ye. Khodosovtsev). Kherson.: Ailant. P.15 [КОМИСАР О.С. (2012). Матеріали до бріофлору парку Г.І.Петровського. IV відкритий з'їзд фітобіологів Причорномор'я (Херсон, 19 січня 2012 р.) *Збірка тез доповідей (відпов. редактор О.Є. Ходосовцев)*. Херсон.: Айлант. С.15]
- KOMISAR O.S. (2012). Mokhopodibni lisoparku «Dubky» mista Mykolayeva. Zbirnyk Vseukr. n.-pr. konf. «Problemy vidtvorennya ta okhorony bioriznomanittya Ukrainy». Poltava, Poltavskiy natsionalnyi pedahohichnyi universytet imeni V.H.Korolenka, (19-20 april 2012). Poltava. 69-70. [КОМИСАР О.С. (2012). Мохоподібні лісопарку «Дубки» міста Миколаєва. *Збірник Всеукр. н.-пр. конференції «Проблеми відтворення та охорони біорізноманіття України»*. Полтава, Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г.Короленка, (19-20 квітня 2012 р.). Полтава. 69-70]
- KOMISAR O.S., VOIKO M.F., TROYITSKYI M.O., MAKAROVA H.A. (2012). Mokh *Bryum argenteum* Hedw. yak indyikator radioaktyvnoho zabrudnennya urboekosystemy (m. Mykolayiv, Ukraina). *Pytannya bioindykatsiyi ta ekolohii*, **17** (1): 81-92. [КОМИСАР О.С., БОЙКО М.Ф., ТРОЙЦЬКИЙ М.О., МАКАРОВА Г.А. (2012). Мох *Bryum argenteum* Hedw. як індикатор радіоактивного забруднення урбоекосистеми (м. Миколаїв, Україна). *Питання біоіндикації та екології*, **17** (1): 81-92]
- KOMISAR O.S., ZAHORODNYUK N.V. (2012). Mokhopodibni okolyts promyslovykh pidpryemstv mista Mykolayeva (Ukrayina). *Chornomors'k. bot. zh.*, **8** (1): 87-97. [КОМИСАР О.С., ЗАГОРОДНЮК Н.В. (2012). Мохоподібні околиць промислових підприємств міста Миколаєва (Україна). *Чорноморськ. бот. ж.*, **8** (1): 87-97]
- KYYAK N.YA. (2007). Osoblyvosti nakopychennya ioniv svyntsyu ta ikh vplyv na stan prooksydantno-antyoksydantnoi systemy u pahonakh vodnoho mokhu *Fontinalis antipyretica* Hedw. *Chornomors'k. bot. zh.*, **3** (1): 56-64. [КИЯК Н.Я. (2007). Особливості накопичення іонів свинцю та їх вплив на стан прооксидантно-антиоксидантної системи у пагонах водного моху *Fontinalis antipyretica* Hedw. *Чорноморськ. бот. ж.*, **3** (1): 56-64]
- KYYAK N.YA. (2012). Morfofiziolohichna adaptatsiya mokhu *Bryum argenteum* Hedw. do naftovoho zabrudnennya seredovyschcha. IV vidkrytyy zyzid fitobiolohiv Prychornomorya (Kherson, 19 january 2012). Zbirka tez dopovidey (vidp. redaktor O.Ye. Khodosovtsev). Kherson: Ailant. P.16. [КИЯК Н.Я. (2012). Морфологіологічна адаптація моху *Bryum argenteum* Hedw. до нафтового забруднення середовища. IV відкритий з'їзд фітобіологів Причорномор'я (Херсон, 19 січня 2012 р.) *Збірка тез доповідей (відп. редактор О.Є. Ходосовцев)*. Херсон: Айлант. С.16]
- LOBACHEVSKA O.V., DEMKIV L.O., KIT N.A. (1991). Vnutrividovye razlichiya u mkhov v ustoychivosti k toksicheskomu deystviyu tyazhelykh metallov. *Tsitologiya*, **5**: 112-113. [ЛОБАЧЕВСЬКА О.В., ДЕМКИВ Л.О., КИТ Н.А. (1991). Внутривидовые различия у мхов в устойчивости к токсическому действию тяжелых металлов. *Цитология*, **5**: 112-113]
- MASHTALER O.V. (2004). Indykatsiya zabrudnennya seredovyschcha iz zastosovanniam mokhiv *Bryum argenteum* Hedw. ta *Bryum caespiticium* Hedw. (Bryophyta) na terytorii Donetskoyi oblasti. Tez. dop. II Mizhnar. konf. «Ontohenez roslyn u pryrodnomu ta transformovanomu seredovyschchi» (Lviv, 18-21 august 2004) Lviv: «SPOLON». 325 p. [МАШТАЛЕР О.В. (2004). Індикація забруднення середовища із застосуванням мохів *Bryum argenteum* Hedw. та *Bryum caespiticium* Hedw. (Bryophyta) на території Донецької області. Тез. доп. II Міжнар. конф. «Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі» (Львів, 18-21 серпня 2004 р.) Львів: «СПОЛОН». 325 с.]



- MASHTALER O.V. (2007). Biomonitoring vydamy Bryophyta tekhnogenno transformovanoho seredovyscha pівdennoho skhodu Ukrainy. Avtoref. kand. dys. 03.00.16 «ekolohiya». Dnipropetrovsk. 20 p. [МАШТАЛЕР О.В. (2007). Біомоніторинг видами Bryophyta техногенно трансформованого середовища південного сходу України. Автореф. канд. дис. 03.00.16 «екологія». Дніпропетровськ. 20 с.]
- ONIANWA P.S. (2001). Monitoring atmospheric metal pollution: a review of the use of mosses as indicators. *Environ. Monit. Asses.*, **71** (1): 13-50.
- PRUDNIKOVA L.YU. (2001). Brioindikatsiya: gorodskie mkhi i ikh ispolzovanie dlya diagnostiki sostoyaniya okruzhayushey sredy. *Tehnologiya kachestva zhizni*, **1**: 55-57. [ПРУДНИКОВА Л.Ю. (2001). Бриоіндикація: городские мхи и их использование для диагностики состояния окружающей среды. *Технология качества жизни*, **1**: 55-57]
- PRUDNIKOVA L.YU. (2004). Osobennosti formirovaniya gorodskikh brioflor (na primere g. Ekaterinburga): Avtoref. dis. kand. biol. nauk: 03.00.16. Institut ekolohii rasteniy i zhyvotnyh UrO RAN. Ekaterinburg. 23 p. [ПРУДНИКОВА Л.Ю. (2004). Особенности формирования городских бриофлор ( на примере г. Екатеринбург): Автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.16 / Институт экологии растений и животных УрО РАН. Екатеринбург. 23 с.]
- SHAW J., BEER S., LUTZ J. (1989). Potential for the Evolution of Heavy Metal Tolerance in *Bryum argenteum*, a moss. I. Variation Within and Among Populations. *The Bryologist*, **92** (1): 73-80.
- SHAW J., ALBRIGHT D. (1989). Potential for the Evolution of Heavy Metal Tolerance in *Bryum argenteum*, a Moss. II. Generalized Tolerances among Diverge Populations. *The Bryologist*, **93** (2): 188-192.
- SHAW J., JULES E., BEER S. (1991). Effect of Metals on Growth, Morphology, and Reproduction of *Ceratodon purpureus*. *The Bryologist*, **94** (3): 270-277.
- SHAW. J. (1987). Evolution of heavy metal tolerance in bryophytes II. An ecological and experimental investigation of the «copper moss», *Scopelophila cataractae* (Pottiaceae). *Amer. Journ. of Bot.*, **74** (6): 813-821.
- ТАММ К.Е. (1984). Епіфітне бриофіти як індикатори забруднення повітря в Таллінне. Флора і групування низших рослин в природних і антропогенних екстремальних умовах серед. Таллінн. 203-220. [ТАММ К.Э. (1984). Эпифитные бриофиты как индикаторы загрязнения воздуха в Таллинне. Флора и группировки низших растений в природных и антропогенных экстремальных условиях среды. Таллинн. 203-220]

Рекомендує до друку  
О.С.Ходосовцев

Отримано 18.11.2013

Адреси авторів:

О.С. Комісар  
Миколаївський національний університет  
імені В.О.Сухомлинського  
вул. Никольська, 24  
м.Миколаїв, 54030  
e-mail:Komisarelena@rambler.ru

Authors' addresses:

O.S. Komisar  
V.O. Sukhomlynskogo Mykolaiv  
National University  
24, Nikolska Str.  
Mykolaiv, 54030  
e-mail:Komisarelena@rambler.ru

М.Ф. Бойко  
Херсонський державний університет  
вул. 40 років Жовтня, 27  
м. Херсон, 73000  
e-mail: bomifed@ksu.ks.ua

M.F. Boiko  
Kherson State University  
27, 40 Rokiv Zhovtnya Str.  
Kherson, 73000  
e-mail: bomifed@ksu.ks.ua