

7. Лукьяненко В.И. Биотестирование на рыбах. Методические рекомендации / В. И. Лукьяненко, Т. А. Карпович. – М.: АН СССР, 1989. – 96 с.
8. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дьяченко та ін. / За ред. В. Д. Романенка. – НАН України, Ін-т гідробіології. – К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.

В.П. Гандзюра¹, Ю.С. Томишч¹, Н.И. Корєво²

¹Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина

²Житомирский государственный университет имени Ивана Франко, Украина

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА РЫБ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ И ПЕРИОДИЧЕСКОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Установлены особенности влияния тяжелых металлов на интенсивность дыхания, темп роста и составные энергетического баланса рыб при хронической и периодическом режимах загрязнения водной среды.

Ключевые слова: гидросистемы, загрязнение, рыба, тяжелые металлы, темп роста, энергетический баланс

V.P. Gandziura¹, Yu.S. Tomyshch¹, N.I. Korevo²

¹Taras Shevchenko National University, Kyiv, Ukraine

²Ivan Franko Zhytomyr State University, Ukraine

FEATURES OF INFLUENCE OF HEAVY METALS ON FISHES AT CHRONIC AND PERIODIC CONTAMINATION OF WATER ENVIRONMENT

The features of influence of heavy metals are set on respiration level, growth speed and component energetic balance of fishes at chronic and periodic modes of contamination of water environment.

Keywords: aquatic ecosystems, pollution, fish, heavy metals, growth speed, energetic balance

УДК 577.34 (582.522)(477.41/.42)

Д. ГАНЖА¹, Х. ГАНЖА²

¹Івано-Франківське відділення Українського географічного товариства
вул. Галицька, 201, Івано-Франківськ, 76018, Україна

²Інститут гідробіології НАН України
пр. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна

НАКОПИЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ, ІОНІВ КАЛІЮ Й КАЛЬЦІЮ ЛИСТКАМИ PHRAGMITES AUSTRALIS (CAV.) TRIN. EX STEUD

Досліджено накопичення листками очерету звичайного розчинних форм ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr, іонів K⁺ і Ca²⁺. Встановлено, що понад 90% названих речовин міститься у тканинах живих листків. З атмосферних випадіннь надходить до 5% накопичуваних на поверхні листків радіонуклідів. Встановлено зв'язок між фізіологічною здатністю листків утримувати іони і дозою радіаційного опромінення. Отримані результати можуть бути використані для цілей радіоекологічного моніторингу довкілля.

Ключові слова: моніторинг довкілля, очерет звичайний, радіоекологія, фізіологія рослин

У практиці моніторингу довкілля в Чорнобильській зоні відчуження (ЧЗВ) застосовується очерет звичайний (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud). При вивченні реакції очерету на радіаційне опромінення, перевагу надають накопичувальній здатності рослин і їх морфологічній реакції на опромінювання [2, 5]. Менше уваги приділялось фізіологічній реакції рослин на опромінення. Проте відомо, що міграція всередину листків радіонуклідів з атмосфери та їх втрата при вимиванні опадами має екологічне значення та пов'язане, крім іншого, із фізіологічним станом листків [3].

Метою роботи є оцінка водорозчинних біогеохімічних форм ^{90}Sr , ^{137}Cs , K^+ й Ca^{2+} у листках очерету та їх фізіологічна втрата під впливом радіаційного опромінення.

Матеріал і методи досліджень

Спостереження проведено у 2013 р. в екосистемах шести водойм: оз. Азбучин, оз. Глибоке, оз. Далеке, Янівській затон р. Прип'ять, водойма-охолодник Чорнобильської АЕС (ЧАЕС), створ р. Прип'ять біля м. Чорнобиль. Під час спостережень були відібрані зразки листків *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. Відбирали на середині висоти рослини по 50 листків з кожного місця спостережень. Проби доставляли у лабораторію у сумці-холодильнику при температурі від 2 до 5° С.

Із свіжозібраних проб листків очерету, послідовно, з використанням дистильованої води (при співвідношенні маса проб листків та вода – 1:10) готували три екстракти: 1) при струшуванні протягом 1 хв. проводили змив легкорозчинних та механічно сорбованих на поверхні листків іонів, які переважно, є продуктами атмосферних випадань; 2) промиті при першій процедурі листки заливали новою порцією води, струшували, витримували 30 хвилин, знову струшували та збирали екстракт на аналіз (екстракцію проводили для оцінки фізіологічної спроможності клітинних мембран до утримання розчинних іонів); 3) 12-годинну екстракцію накопичених листками іонів проводили згідно наявних рекомендацій [1]. Кожен екстракт розглядали як відповідну біогеохімічну форму накопичення іонів листками рослин. Водні екстракти фільтрували і направляли на аналіз.

Електрохімічний аналіз вмісту іонів Ca^{2+} та K^+ у водних екстрактах листків виконаний з використанням відповідних іонноселективних електродів та вимірювача іонів рХ-150МИ. Концентрацію іонів обчислювали щодо маси сухої проби.

У лабораторії ДСП "Чорнобильський спецкомбінат" виконано аналіз питомої активності ^{90}Sr й ^{137}Cs у водних витяжках з листків очерету звичайного. Аналіз виконаний з використанням спектрометра енергії бета-випромінювання СЕБ 01-150 та гамма-спектрометра з аналізатором Nokia LP 4900 В і Ge-детектором.

За результатами вимірювань відповідних радіонуклідів, згідно існуючих рекомендацій [4], нами обчислено потужність дози внутрішнього опромінення листків очерету.

Коефіцієнт варіації (V, %) обчислювали за формулою:

$$V, \% = \frac{\overline{S \cdot X}}{\overline{X}} \cdot 100,$$

де: $\overline{S \cdot X}$ – вибіркове середнє; \overline{S} – стандартне відхилення середнього.

Сумарна невизначеність при лабораторному аналізі не перевищувала 20%. Розрахунок статистичних параметрів вибірок даних виконували при довірчій ймовірності 0,95. Оцінку зв'язків вибірок даних проводили за коефіцієнтом детермінації (R^2).

Результати досліджень та їх обговорення

На досліджуваній території від первинних випадань 1986 р. до цього часу – нерівномірно розподілена питома активність радіонуклідів, що впливає на їх розподіл у пробах очерету (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст радіонуклідів та їх хімічних аналогів у листках очерету звичайного оз. Глибоке

Параметр	^{137}Cs , Бк/кг	V, %	^{90}Sr , Бк/кг	V, %	K^+ мг/кг	V, %	Ca^{2+} мг/кг	V, %
Поверхнєве забруднення	54	88	161	160	31	97	20	130
Фізіологічний вихід іонів	34	98	225	160	23	56	11	85
Вміст іонів у листках	1600	170	7500	190	940	31	1200	87

Через неоднорідність забруднення, середнє вибіркоче вмісту радіонуклідів у 2-7 разів більше медіанного, а для аномально забруднених ^{90}Sr проб з оз. Глибоке – у 20 разів. Медіанне значення вмісту у листках очерету ^{137}Cs та ^{90}Sr – 270 Бк/кг та 350 Бк/кг, відповідно. Доза внутрішнього опромінення, обчислена для листків очерету за ^{137}Cs та ^{90}Sr складає 0,015 мкГр/год. та 0,021 мкГр/год. відповідно. Щодо проб очерету відібраних у 2013 р. на оз. Глибоке, встановлено дозу внутрішнього опромінювання ^{90}Sr – 2,2 мкГр/год.

За результатами вимірювань обчислено частку іонів у складі поверхневого забруднення та частку фізіологічної втрати іонів листками очерету щодо вмісту у них відповідної речовини (табл. 2). Кількість іонів сорбованих на поверхні листків більша, ніж та, що втрачається внаслідок фізіологічного виходу (див. табл. 1 і 2). При цьому, обидва показники щодо вмісту іонів у листках очерету складають від 1,5% до 5%. На поверхні листків переважно накопичуються K^+ та ^{90}Sr . У першому випадку, це свідчить про те, що завис з поверхні листків здебільшого представлений мікрофлорою, яка концентрує калій. У другому – про перевагу ^{90}Sr у атмосферних випаданнях.

Таблиця 2

Частка поверхневого забруднення листків очерету та фізіологічного виходу іонів відносно до їх вмісту у листках очерету оз. Глибоке (%)

Параметр	^{137}Cs	V, %	^{90}Sr	V, %	K^+	V, %	Ca^{2+}	V, %
Поверхнєве забруднення	4,7	100	3,8	130	3,3	80	1,7	84
Фізіологічний вихід іонів	4,2	80	2,4	130	1,8	70	1,5	78

Примітка. Усереднення проведено за медіаною

Розмір коефіцієнтів варіації (більше 50%) вказує на контрастність розподілу речовини на досліджуваній території. Найбільшими є коефіцієнти варіації вмісту радіонуклідів у листках очерету (див. табл. 1, 2), що зумовлено забрудненням від катастрофи на ЧАЕС у 1986 р. Коефіцієнти варіації більше 50%, які встановлені для кальцію, свідчать про заповишеність атмосферного повітря внаслідок сучасного техногенезу. Найменшими є вміст, частка та коефіцієнти варіації іонів – при їх фізіологічному виході. При цьому, калій має дещо більшу частку та менший коефіцієнт варіації, порівняно із кальцієм. Це пов'язано, вочевидь, із більшою фізіологічною активністю та мобільністю калію у рослинах. Відповідно, у якості міри оцінки дії радіаційного опромінювання на очерет, нами протестоване значення фізіологічного виходу іонів K^+ з листків.

Кореляційний аналіз частки фізіологічного виходу іонів K^+ із листків очерету, з одного боку, та дозового навантаження від ^{137}Cs та ^{90}Sr , з іншого, показав, що частка фізіологічного виходу іонів K^+ тісно зв'язана (зі значенням $R^2 = 0,93$) із дозою від ^{137}Cs . Перевірку достовірності отриманої залежності проводили при аналізі зв'язку частки фізіологічного виходу ^{137}Cs із листків та дозою від того самого радіонукліда. Перевірка показала відсутність кореляційного зв'язку. Також, не встановлено надійного зв'язку із дозою опромінення очерету від ^{90}Sr .

Висновки

Отримані результати показали, що переважна частка водорозчинних форм радіонуклідів, калію та кальцію (до 95%) утримується живими листками очерету звичайного. З атмосферними випаданнями у місцях спостережень пов'язано до 5% іонів сорбованих на поверхні листків.

Встановлено зв'язок між фізіологічною спроможністю листків очерету звичайного до утримання іонів водорозчинних сполук та дозою радіаційного опромінювання. У досліджуваних умовах, дія дозового навантаження може збільшувати фізіологічний вихід калію з листків.

Отримані результати можуть бути застосовані для вдосконалення вже існуючих та розробки нових методів біоіндикації при проведенні радіоекологічного моніторингу.

Автори висловлюють щире подяку співробітникам ДСП "Чорнобильський спецкомбінат" Л. Богдану та О. Назарову за надану допомогу у виконанні цих досліджень.

1. *Корма*. Методы определения аммиачного азота и активной кислотности (рН) : ГОСТ 26180-84. – [Дата введения 01.07.85]. – М. : Государственный комитет по стандартам 1985. – 8 с.
2. *Радіаційні фактори довкілля й морфологічна реакція листків Phragmites australis у водоймах ЗВ ЧАЕС* / Ганжа Д. Д., Назаров О. Б., Ганжа Х. Д. [та ін.] // Міжнародна конференція "Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього", 20–22 квітня 2011 року, Київ, Україна, Київ, Україна. Збірка доповідей, висновки і рекомендації. – К.: КІМ, 2011. – Ч. 2. – С. 285–289.
3. *Сельскохозяйственная радиоэкология* / Р. М. Алексахин, А. В. Васильев, В. Г. Дикарев и др.; [под ред. Алексахина Р. М., Корнеева Н. А.]. – М. : Экология, 1992. – 400 с.
4. *Handbook for assessment of the exposure of biota to ionising radiation from radionuclides in the environment* / Ed. by J. Brown, P. Strand, Al. Hosseini. – Project within the EC 5th Framework Programme, Contract № FIGE-CT-2000-00102. – Framework for Assessment of Environmental Impact, 2003.
5. *Physicochemical forms of ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in components of Glyboke Lake ecosystem in the Chernobyl exclusion zone* / Ch. D. Ganzha, D. I. Gudkov, D. D. Ganzha [at all.] // J. Environmental Radioactivity. – 2014. – Vol. 127. – P. 176–181.

Д. Ганжа¹, Х. Ганжа²

¹Ивано-Франковское отделение Украинского географического общества, Украина

²Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

НАКОПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ, ИОНОВ КАЛИЯ И КАЛЬЦИЯ ЛИСТЬЯМИ PHRAGMITES AUSTRALIS (CAV.) TRIN. EX STEUD

Исследовано накопление листьями тростника обыкновенного растворимых форм ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr, ионов K⁺ и Ca²⁺. Установлено, что более 90% названных веществ удерживаются внутри живых листьев. Из атмосферных выпадений поступает до 5% накапливаемых на поверхности листьев радионуклидов. Установлено связь между физиологической способностью листьев удерживать ионы и дозой радиационного облучения. Полученные результаты могут быть использованы для проведения радиоэкологического мониторинга окружающей среды.

Ключевые слова: мониторинг окружающей среды, тростник обыкновенный, радиоэкология, физиология растений

D. Ganzha¹, Ch. Ganzha²

¹Ivano-Frankivsk Department of the Ukrainian Geographical Society, Ukraine

²Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

THE ACCUMULATION OF RADIONUCLIDES, POTASSIUM, CALCIUM IONS IN LEAVES OF PHRAGMITES AUSTRALIS (CAV.) TRIN. EX STEUD

The study of the common reed leaves of ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, Ca²⁺, K⁺ accumulation of ions soluble forms. It was found that more than 90% of the investigated chemicals retained inside living leaves. From atmospheric deposition in the place to 5% accumulated on the surface of leaves radionuclide. The found a relationship between the physiological ability of leaves to keep the ions and the radiation exposure dose. The results obtained can be used for radiation monitoring of the environment.

Keywords: environmental monitoring, common reed, radioecology, plant physiology