

УДК [577.34:(581.526.3:574.5)] (285)(477.41)

Х.Д. ГАНЖА

Інститут гідробіології НАН України
пр-т Героїв Сталінграда, 12, Київ 04210

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ФОРМИ СТРОНЦІЮ-90 ТА ЦЕЗІЮ-137 У ВОДНИХ РОСЛИНАХ ОЗЕРНОЇ ЕКОСИСТЕМИ В ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ ЗОНІ ВІДЧУЖЕННЯ

Досліджено розподіл фізико-хімічних форм радіонуклідів у водній рослинності озера Глибоке. Проаналізовані міжвидові особливості накопичення ^{137}Cs та ^{90}Sr та виявлені відмінності в розподілі фізико-хімічних форм радіонуклідів відповідно до типу живлення рослин.

Ключові слова: водяна рослинність, радіонуклідне забруднення водою, стронцій-90, цезій-137, Чорнобильська зона відчуження

Озеро Глибоке розташовано на ділянці лівобережної заплави р. Прип'ять на відстані близько 7 км від Чорнобильської АЕС і є однією з найбільш радіаційно-забруднених водою Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ) [1]. Основними дозоутворюючими радіонуклідами в екосистемі озера є ^{90}Sr та ^{137}Cs , що обумовлює актуальність дослідження їх розподілу в біотичних компонентах водою.

Метою роботи є вивчення розподілу фізико-хімічних форм радіонуклідів у водних рослинах різних екологічних груп.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили в 2007–2009 рр. Були відібрані представники вищих водних рослин: кушир темно-зелений (*Ceratophyllum demersum* L.), рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia* L.), різак водяний алоеvidний (*Stratiotes aloides* L.) та нитчаста водорість (*Cladofora glomerata* (L.) Kutz). Ці макрофіти відрізняються за типом живлення (коренева та некоренева) і є типовими представниками водної рослинності оз. Глибоке.

Форми знаходження ^{90}Sr та ^{137}Cs в рослинах визначали методом послідовної екстракції підготовлених проб розчинами різних реагентів [5]. Вимірювання ^{137}Cs проводили на гамма-спектрометрі SBS-30. Виділення ^{90}Sr здійснювали радіохімічно за оксалатною методикою, а активність вимірювали на установці малого фону УМФ-2000 [3].

Результати досліджень та їх обговорення

^{137}Cs у *Typha angustifolia* в водорозчинній, обмінних та органо-мінеральній формах накопичується незначно (рис. 1). ^{137}Cs переважно накопичується в мінеральному залишку та у вигляді катіонів, зв'язаних з органічною речовиною. ^{90}Sr накопичується здебільшого в водорозчинній та обмінних формах.

Результати аналізу *Stratiotes aloides* показали, що ^{137}Cs в цій рослині переважно локалізується в мінеральному залишку. Підвищений вміст ^{137}Cs зареєстрований також у водорозчинній та зв'язаній з органічною речовиною формах. В обмінному стані ^{137}Cs накопичується у незначних кількостях (рис. 2). ^{90}Sr переважає в обмінних формах. Також високий вміст радіонукліда виявлено у внутрішньоклітинній формі.

У *Ceratophyllum demersum* ^{90}Sr переважно накопичується в органо-мінеральній та сорбованих позаклітинних формах (рис. 3). Вимірювання ^{137}Cs свідчать, що цей радіонуклід переважно накопичується в органо-мінеральній формі та в мінеральному залишку.

За особливостями розподілу радіонуклідів у водяних рослинах оз. Глибоке, фізико-хімічні форми ^{90}Sr і ^{137}Cs можна умовно поділити на три основні групи: 1) форми, накопичення яких є спільними для всіх досліджених видів рослин; 2) форми, особливості накопичення яких є видоспецифічним; 3) форми, на накопичення яких впливає тип живлення рослин.

За результатами досліджень подібність у розподілі ^{90}Sr й ^{137}Cs зареєстрована для окремих фізико-хімічних форм, які при цьому різні для досліджуваних радіонуклідів. Розподіл ^{90}Sr в обмінних та внутрішньоклітинній формах рослин дуже близький і відмінність між накопиченням різними видами не перевищує 20%. ^{137}Cs аналогічно накопичується в усіх видів досліджуваних рослин у сорбованій позаклітинній та органо-мінеральній формах. Міжвидова відмінність накопичення цього нукліда у вказаних формах не перевищує 30%. В усіх видів рослин ^{137}Cs

переважно локалізується в мінеральному залишку, що свідчить про його більший вплив на обмінні процеси. Після відмирання рослин значна частина ^{137}Cs переходить у донні відклади.

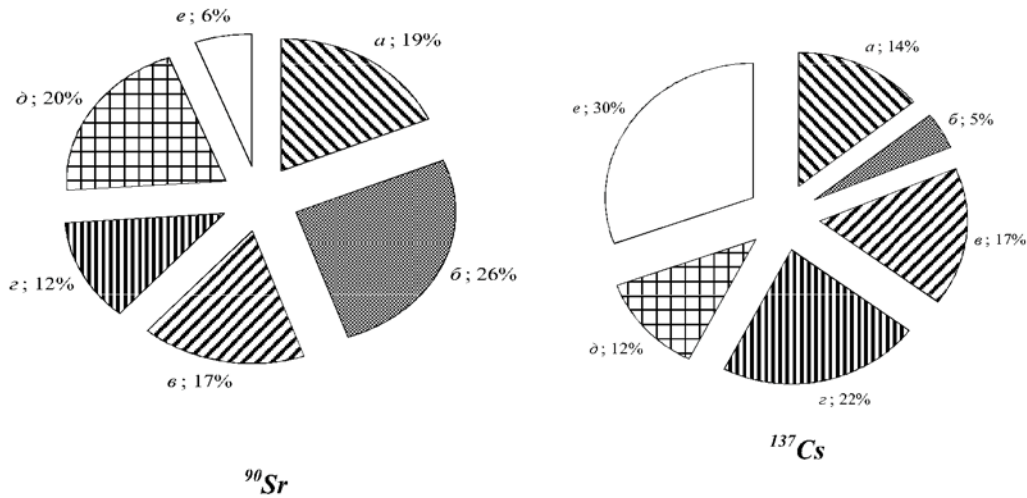


Рис. 1. Розподіл фізико-хімічних форм радіонуклідів у *Typha angustifolia*.

a – розчинені позаклітинні катіони; б – сорбовані позаклітинні слабкозв’язані катіони; в – сорбовані позаклітинні катіони; г – внутрішньоклітинні катіони; д – катіони, зв’язані з органічною речовиною; е – мінеральний залишок*

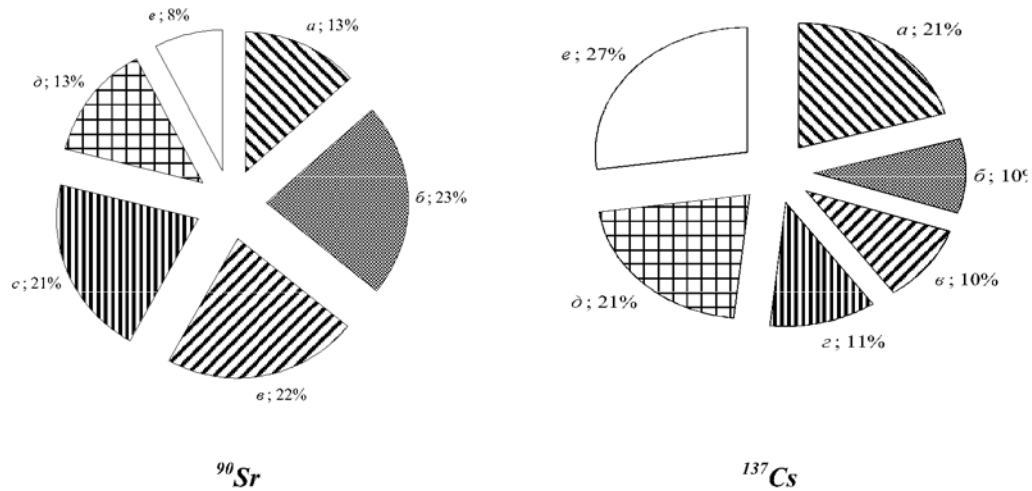


Рис. 2. Розподіл фізико-хімічних форм радіонуклідів у *Stratiotes aloides**

Результати аналізу зразків нитчастих водоростей роду *Cladofora* показали значний вміст ^{137}Cs в сорбованій позаклітинній слабкозв’язаній, органо-мінеральній формах та мінеральному залишку (рис. 4). В водорозчинній та обмінних формах вміст ^{137}Cs мінімальний. ^{90}Sr переважно локалізується в водорозчинній та обмінних формах. Вміст ^{90}Sr у вигляді внутрішньоклітинних та вбудованих катіонів мінімальний.

Нами виявлені міжвидові відмінності в розподілі фізико-хімічних форм ^{90}Sr й ^{137}Cs . Видоспецифічність розподілу ^{90}Sr проявляється у водорозчинних та зв’язаних з органічною речовиною формах. ^{137}Cs в усіх видів досліджених рослин є в сорбованій позаклітинній слабкозв’язаній та у внутрішньоклітинній формі. Це дає можливість зробити висновок про те, що ^{90}Sr порівняно з ^{137}Cs у живих рослин активніше обмінюється з водним середовищем. Порівняння розподілу радіонуклідів у *Ceratophyllum demersum* і *Cladofora glomerata* показало, що кушир темно-зелений накопичує ^{90}Sr на порядок менше порівняно з нитчастою водоростю. Остання відносно *Ceratophyllum demersum*, навпаки, на порядок менше накопичує ^{90}Sr в органо-мінеральній формі.

Накопичення ^{137}Cs *Cladofora glomerata* в обмінних формах суттєво більше, ніж у *Ceratophyllum demersum*. Такий розподіл ^{137}Cs може бути пов'язаний з перебуванням цього нукліда в складі мінеральних зависів. Оз. Глибоке розташоване в частині заплави р. Прип'яті, на якій в період межени відбуваються денудаційні процеси, а в повінь – змив пилуватої фракції піщаного ґрунту з сорбованим ^{137}Cs [2]. У воді пилуваті частинки з необхідним сорбованим ^{137}Cs перетворюються на зависі, що властиве ^{137}Cs як одній з форм його міграції у водних екосистемах [4]. Оскільки *Cladofora glomerata* належить до класу нитчастих водоростей і немає покривних тканин, нукліди можуть легко проникати в міжклітинні простори, що не властиве вищим водяним рослинам.

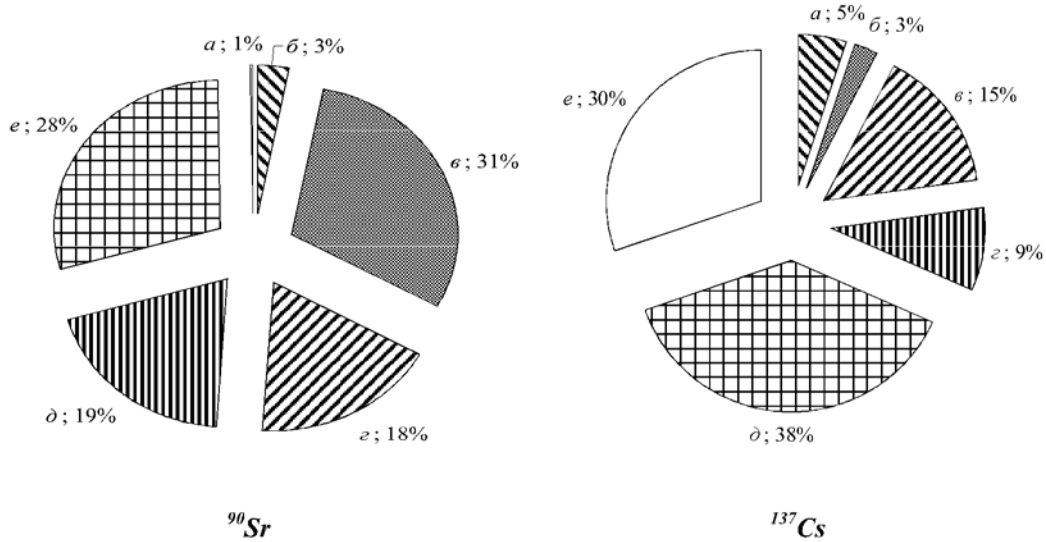


Рис. 3. Розподіл фізико-хімічних форм радіонуклідів у *Ceratophyllum demersum**

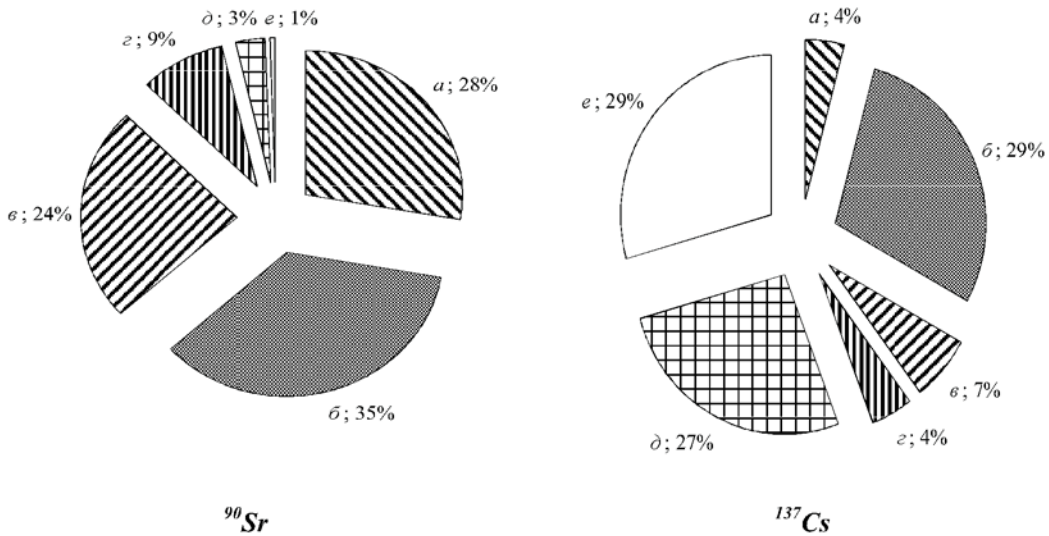


Рис. 4. Розподіл фізико-хімічних форм радіонуклідів у *Cladofora glomerata**

У результаті проведених спостережень виявлені відмінності в розподілі фізико-хімічних форм радіонуклідів відповідно до типу живлення досліджуваних організмів – рослини з кореневим (*Typha angustifolia*, *Stratiotes aloides*) і безкореневим (*Ceratophyllum demersum*, *Cladofora glomerata*) живленням. Встановлено дев'ятиразове переважання ^{90}Sr в водорозчинній та органо-мінеральній формах у рослин з безкореневим живленням. В усіх інших досліджуваних формах розподіл ^{90}Sr не відрізнявся. Аналіз розподілу фізико-хімічних форм ^{137}Cs показав практично десятиразове перевищення вмісту радіонукліда в сорбованій позаклітинній слабкозв'язаній формі у рослинах без кореневого живлення щодо організмів з кореневим живленням. Також зареєстровано незначне

переважання ^{137}Cs в групі рослин без кореневого живлення в сорбованій позаклітинній, внутрішньоклітинній та органо-мінеральній формах. В водорозчинній формі та мінеральному залишку розподіл ^{137}Cs практично не відрізнявся.

Висновки

Встановлено міжвидові відмінності в накопиченні радіонуклідів рослинами, а також різницю в накопиченні їх рослинами з різним типом живлення. ^{90}Sr знаходиться переважно в обмінній, а значна частка ^{137}Cs – в необмінній формах.

1. 20 р. Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє: Національна доповідь України. – К.: Атіка, 2006. – 224 с.
2. Карта геоморфологического районирования по предрасположенности к радиальной (вертикальной) миграции вещества 10-ти км зоны ЧАЭС: масштаб 1:25000 / Б.А. Николаенко, Н.В. Пазинич, Л.А. Мурланова // Государственный комитет Украины по геологии и использованию недр. Государственное геологическое предприятие “Геопробноз”, 1995.
3. Радіонукліди у водних екосистемах України. Вплив радіонуклідного забруднення на гідробіоти зони відчуження / М.І. Кузьменко, В.Д. Романенко, В.В. Деревець, О.М. Волкова. [та ін.]. – К.: Чорнобильінтерінформ, 2001. – 318 с.
4. Собо́тович Э.В. Соотношение форм нахождения и миграции радионуклидов аварийных выпадений в речной воде / Э.В. Собо́тович, Г.Н. Бондаренко, В.В. Долин // Чернобыль'88. Докл. всеос. научн.-техн. совещания по итогам ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. – 1989. – Т. 5, ч. 2. – С. 119–129.
5. Vazquez M.D. Uptake of Heavy Metals to the Extracellular and Intracellular Compartments in Three Species of Aquatic Bryophyte / M.D. Vazquez, J. Lopez, A. Carballeira // Ecotox. and Environ. Safety. – 1999. – Vol.44, N 1. – P. 12–24.

Х. Д. Ганжа

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ФОРМЫ СТРОНЦИЯ-90 И ЦЕЗИЯ-137 В ВОДНЫХ РАСТЕНИЯХ ОЗЕРНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ

Исследовано распределение физико-химических форм радионуклидов в водных растениях озера Глубокое. Проанализировано межвидовые особенности накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr и найдены отличия в распределении физико-химических форм радионуклидов, соответственно к типу питания исследованных растительных организмов.

Ключевые слова: водная растительность, радионуклидное загрязнение водоемов, стронций-90, цезий-137, Чернобыльская зона отчуждения

Ch.D. Ganzha

Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

PHYSICOCHEMICAL FORMS OF STRONTIUM-90 AND CESIUM-137 IN THE AQUATIC VEGETATION LAKE ECOSYSTEMS IN THE CHERNOBYL EXCLUSION ZONE

Distribution of the physicochemical forms of radionuclides in the aquatic vegetation of lake Glyboke. The interspecific features of accumulation of ^{137}Cs and ^{90}Sr are analysed and found out differences in distributing of physicochemical forms of radionuclides, in accordance with as a feed of the probed vegetable organisms.

Key words: aquatic vegetation, radionuclide water pollution, strontium-90, cesium-137, Chernobyl exclusion zone