

РОЗДІЛ II. ЗООЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ ТВАРИН

УДК 574.24:57.043

DOI <https://doi.org/10.26661/2410-0943-2018-1-03>

ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ БІЛИМ ТОВСТОЛОБИКОМ ЗАПОРІЗЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Ананьєва Т. В., Федоненко О. В., Клименко О. Ю.

*Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара
пр. Гагаріна, 72, м. Дніпро, 49050, Україна*

hydro-dnu@ukr.net

Досліджено вміст радіонуклідів природного (^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K) та штучного походження (^{137}Cs , ^{90}Sr) у рибах виду білий товстолобик Запорізького водосховища. Виявлено, що середній вміст радіонуклідів чорнобильського сліду ^{137}Cs та ^{90}Sr складав від 10 до 12 Бк/кг та від 2,5 до 6 Бк/кг відповідно. Рівні вмісту радіонуклідів нижчі за діючі в Україні допустимі рівні для рибної продукції. Сезонна динаміка вмісту радіонуклідів у тканинах білого товстолобика показала значне переважаювання концентрацій ^{137}Cs та ^{90}Sr навесні у порівнянні з осіннім періодом. За коефіцієнтами накопичення відносно води у м'язовій тканині білого товстолобика встановлена послідовність акумуляції радіонуклідів за вибуванням: $^{137}\text{Cs} > ^{226}\text{Ra} > ^{232}\text{Th} > ^{90}\text{Sr} > ^{40}\text{K}$. Отримані дані свідчать, що рибна продукція білого товстолобика є придатною для споживання людиною, а радіоекологічна ситуація в Запорізькому водосховищі – задовільна.

Ключові слова: радіонукліди, питома активність, коефіцієнт накопичення, білий товстолобик, Запорізьке водосховище.

Ananieva T. V., Fedonenko O. V., Klymenko O. Yu. PECULIARITIES OF RADIONUCLIDE ACCUMULATION BY SILVER CARP IN THE ZAPORIZHZHIA RESERVOIR / Oles Honchar Dnipro National University, 49050, Ukraine, Dnipro, Gagarin Ave., 72.

The purpose of the work was to determine the content levels and the features of accumulation of the main dose-forming radionuclides in the tissues of the silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.) in the Zaporizke Reservoir. The fish were selected at the lower part of the Zaporizke Reservoir (near the village of Viyskove) during spring and autumn period of 2016-2017. The fish was catch with shuttered nets with cells of 50 – 150 mm. Preparation of samples for radiospectrometric measurements consisted of separating tissues, chopping and drying at a temperature of 105°C in a dry-fryer box. Specific activity of radionuclides in prepared samples was determined using the scintillation spectrometer of gamma radiation energy SEG-001 «ACP-C» and the beta-spectrometer SEB-01-150. Specific radioactivity of radionuclides is given in Bequerels per kilogram (Bq/kg) of wet, natural weight. The muscle tissue, bone, scales, liver and gills of fish were selected for the assay. Statistical analysis of the research results was carried out by generally accepted methods of variation statistics for a small sample using the Excel 2007 software package. According to our research, the average contents of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the silver carp tissues were significantly lower than the hygienic concentrations in Ukraine and were follows: ^{137}Cs – from 10 to 11,5 Bq/kg, ^{90}Sr – from 2,5 to 6 Bq/kg. The muscle and bone tissue had the greatest accumulation capacity for ^{137}Cs and ^{90}Sr , and scales and liver of fish had the smallest one. The gill apparatus and the external surfaces of the fish body had low permeability to ^{137}Cs . By the ability to ^{90}Sr accumulation, the silver carp occupies an intermediate position between the benthophages and the ichthyophages. Relatively high levels of radioactive isotopes of ^{137}Cs and ^{90}Sr in fish meal and gills indicate an effective self-cleaning mechanism from incorporated radiation. Since the contents of radionuclides were low in water, the fish absorbed them mainly from the feed, but they were isolated by the covering tissues. In the spring, the indices of the artificial radionuclide contents in the silver carp significantly exceeded the autumn values. The distribution of ^{137}Cs in the body of the silver carp occurs as follows: at spring – liver > gills > bones > scales > muscles; at autumn – bones > muscles > gills > scales > liver. For ^{90}Sr , the following data series were observed: at spring – gills > bones > scales > liver > muscles; at autumn – bones > muscles > gills > scales > liver. The results of studies on the natural radionuclide contents of ^{232}Th , ^{226}Ra and ^{40}K in silver carp tissues showed that ^{232}Th was most often found in bones and muscles of fish above 59 Bq/kg, the content of ^{226}Ra was the highest in bone tissue – from 50 to 70 Bq/kg. The content of ^{40}K was found at a level of 60–98 Bq/kg. The smallest average content of ^{40}K was recorded in the muscle tissue of fish, the largest in the bone tissue. The natural isotope of potassium is fairly common, especially in the Dnipro region, which has a high radioactive background, and therefore its content in the fish of the Zaporizke Reservoir reaches high values. Specific radioactivity of natural potassium-40 was quite

high, and its content in any living cells is always very significant, since it belongs to macroelements. Spring values of ^{232}Th in muscle tissue of fish were higher than at the autumn. In bone tissue, the content of ^{232}Th increased at autumn. The content of ^{40}K decreased by the fall, and the content of ^{226}Ra remained at a constant level. At the spring, the arrival of radionuclides occurs due to surface runoff from adjacent areas and the outflow of radioactive substances from the upper reservoirs of the Dnipro cascade. Climatic conditions of the reservoir affect the withdrawal of radionuclides. Decrease of water temperature in the autumn period to 5°C inhibits the process of radionuclides removal and increases the half-life by 2–3 times. By the calculated coefficients of radionuclide accumulation relatively to water ^{137}Cs was accumulated 3 times more intensively than ^{90}Sr in muscle tissue of the silver carp. Radionuclides of ^{137}Cs are the main factors of the internal dose of irradiation with artificial radionuclides for the silver carp of the Zaporizke Reservoir. The accumulation rate in the muscle tissue of the silver carp could accommodate the radioisotopes under study in the following sequence: $^{137}\text{Cs} > ^{226}\text{Ra} > ^{232}\text{Th} > ^{90}\text{Sr} > ^{40}\text{K}$. Radionuclides of ^{40}K were found in fish at high concentrations, but accumulate from water much less than ^{137}Cs , which is a chemical analogue of potassium. The results of the study of the radionuclide contents and their distribution in the tissues of the silver carp indicated that the largest amounts of radioactive substances were contained in both muscle and bone tissues, that can be explained by a slower exchange and rate of recovery of these tissues compared with liver parenchyma and gill epithelium. The revealed patterns of accumulation of natural and artificial radionuclides in the tissues of the silver carp of the Zaporizke Reservoir provide the basis for prediction and modeling of migration processes and radioactive contamination of the water ecosystem for further monitoring observations.

Key words: radionuclides, specific activity, coefficient of accumulation, silver carp, the Zaporizke Reservoir.

ВСТУП

Водні екосистеми є кінцевою ланкою міграції радіонуклідів. Континентальні водойми можуть відігравати роль транспортних магістралей для перенесення радіонуклідів із забруднених до чистих водойм, а також резервуарів для накопичення радіонуклідів. Депонування та переведення радіонуклідів гідробіонтами з розчинного у зв'язаний стан призводить до очищення води, але в гідробіонтах відбувається накопичення радіоактивних речовин. Риба є кінцевою ланкою трофічного ланцюга та основним джерелом надходження радіонуклідів з водойми до організму людини. У зв'язку з цим процеси акумуляції радіоактивних елементів в організмі риб потребують особливої уваги й повинні перебували під постійним радіаційно-гігієнічним контролем [1-3].

Відомо, що кожен вид риб накопичує радіонукліди залежно від екологічної групи, до якої він належить. Білий товстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.) – прісноводна риба родини корошових, один з основних промислових видів у Запорізькому водосховищі. Кормовою базою білого товстолобика є фітопланктон, який займає значні площі та накопичує радіонукліди у великій кількості. За добу риба може поглинути кількість їжі, що становить до 45 % маси її тіла. Інтродукція товстолобиків до водойм поліпшує гідрохімічний режим, покращує санітарний стан, змінює хід продукційних процесів, прискорює колообіг речовин й енергії в екосистемі. При цьому вселення товстолобиків до водойм є одним з аспектів ведення рибництва та дозволяє отримувати якісну цінну рибну продукцію [4].

У зв'язку з викладеним метою роботи – визначення рівнів вмісту та закономірностей накопичення основних дозоформувальних радіонуклідів у тканинах білого товстолобика Запорізького водосховища.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Рибу відбирали у нижній частині Запорізького водосховища (біля с. Військове) під час весняних та осінніх ловів протягом 2016-2017 рр. ставними сітками з вічками від 50 до 150 мм. Підготовка проб до радіоспектрометричних вимірювань полягала у відокремленні тканин, їх подрібненні та висушуванні за температури 105°C у сухо-жаровій шафі. Питому активність радіонуклідів у підготовлених зразках визначали за допомогою сцинтиляційного спектрометра енергії гамма-випромінювання СЕГ-001 «АКП-С» та спектрометра бета-випромінювання СЕБ-01-150. Питома радіоактивність радіонуклідів наведена в бекерелях на кілограм (Бк/кг) сирі, природної ваги. Для досліджень відбирали м'язову тканину, кістки, луску, печінку та зябра риб. Статистична обробка результатів досліджень проводилася загальноприйнятими методами варіаційної статистики для малої вибірки з використанням програмного пакету Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Радіоекологічна ситуація Запорізького водосховища визначається особливостями природного радіаційного фону та впливом хронічних джерел радіонуклідного забруднення [5, 6].

У Придніпровському регіоні існує постійне джерело техногенно-підсиленних радіонуклідів, утворене за рахунок функціонування підприємств первинного ядерного циклу. Зокрема, в басейні р. Коноплянка розміщені сховища радіоактивних відходів після переробки уранової сировини м. Кам'янське. Вони перебувають у водонасиченому стані, за рахунок чого забруднюють підземні води та під час підтоплення і повеней потрапляють до Запорізького водосховища.

Після аварії на Чорнобильській АЕС Запорізьке водосховище, входячи до каскаду дніпровських водосховищ, стало утримувачем радіонуклідів штучного походження. На теперішній час рівень забруднення води найбільш небезпечними штучними радіонуклідами ^{137}Cs та ^{90}Sr значно знизився за рахунок стоку та природного розпаду, але їх значний вміст ще виявляють у донних відкладеннях [7-10].

За результатами наших досліджень середні показники вмісту ^{137}Cs та ^{90}Sr у тканинах білого товстолобика були значно нижчими за встановлені в Україні гігієнічні концентрації та складали для ^{137}Cs – від 10 до 11,5 Бк/кг, для ^{90}Sr – від 2,5 до 6 Бк /кг (рис. 1.)

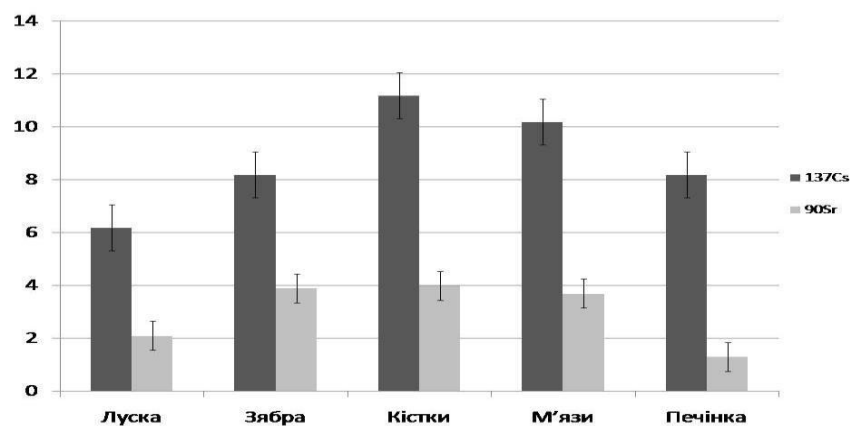


Рис. 1. Середній вміст ^{137}Cs та ^{90}Sr у тканинах білого товстолобика Запорізького водосховища, Бк/кг

Найбільшу накопичувальну здатність до ^{137}Cs та ^{90}Sr виявляли м'язова та кісткова тканини, найменшу – луска та печінка риб. Проникність зябрового апарату та зовнішніх поверхонь тіла риб до ^{137}Cs низька. У м'язах кількість ^{137}Cs зростає з віком риби, що пов'язується зі збільшенням щільності фіксації ^{137}Cs м'язовою тканиною риб [4].

За здатністю накопичувати ^{90}Sr білий товстолобик займає проміжне положення між бентофагами та іхтіофагами. Низький вміст радіонукліда в тканинах риби можна пояснити низьким його вмістом у воді [3]. ^{90}Sr є мобільним радіонуклідом, який швидко виноситься з водою плином води. Деяка частина ^{90}Sr затримується в донних відкладеннях. Екологічна якість води за вмістом ^{90}Sr в дніпровських водосховищах стабільна, оскільки він слабо поглинається донними відкладеннями, тому вода відноситься до «слабко забрудненої». Розчинений у воді ^{137}Cs інтенсивніше поглинається донними відкладеннями та гідробіонтами, тому відбувається самоочищення води від радіонуклідів цезію вниз по каскаду.

Відносно високий вміст штучних радіоізотопів ^{137}Cs та ^{90}Sr у лусці та зябрах риб свідчить про наявність ефективного механізму самоочищення від інкорпорованої радіації, оскільки за низького вмісту радіонуклідів у воді, риби поглинають їх в основному з кормом, а виділяють покривними тканинами.

Навесні показники вмісту штучних радіонуклідів у білого товстолобика значно перевищували осінні (рис. 2).

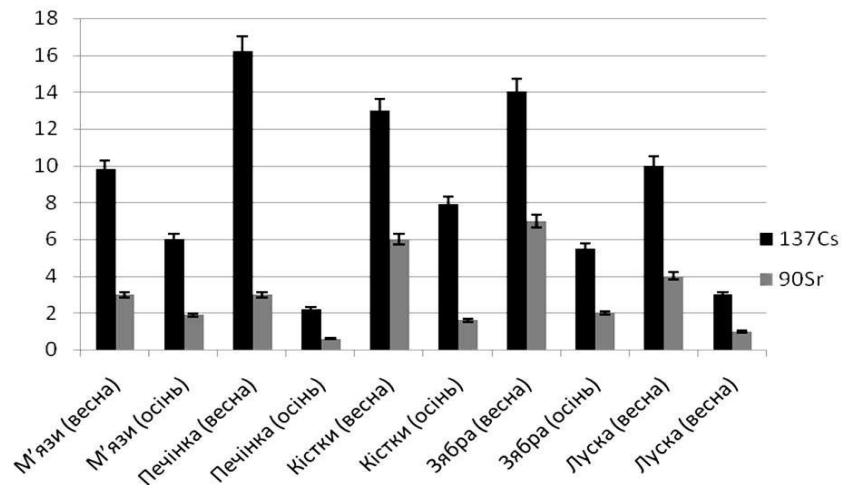


Рис. 2. Сезонна динаміка вмісту ^{137}Cs та ^{90}Sr у тканинах білого товстолобика Запорізького водосховища, Бк/кг

Розподіл ^{137}Cs в організмі білого товстолобика відбувається так: весна – печінка > зябра > кістки > луска > м'язи; осінь – кістки > м'язи > зябра > луска > печінка. Для ^{90}Sr спостерігали такі ряди даних: весна – зябра > кістки > луска > печінка > м'язи; осінь – кістки > м'язи > зябра > луска > печінка.

Результати досліджень вмісту природних радіонуклідів ^{232}Th , ^{226}Ra та ^{40}K у тканинах білого товстолобика показали, що ^{232}Th найбільше міститься в кістках та м'язах риби – до 59 Бк/кг, вміст ^{226}Ra є найбільшим у кістковій тканині – від 50 до 70 Бк/кг (рис. 3). За хімічними властивостями ^{226}Ra подібний до кальцію, тому до 80 % його кількості накопичується в кістковій тканині та збільшується зі збільшенням віку риби.

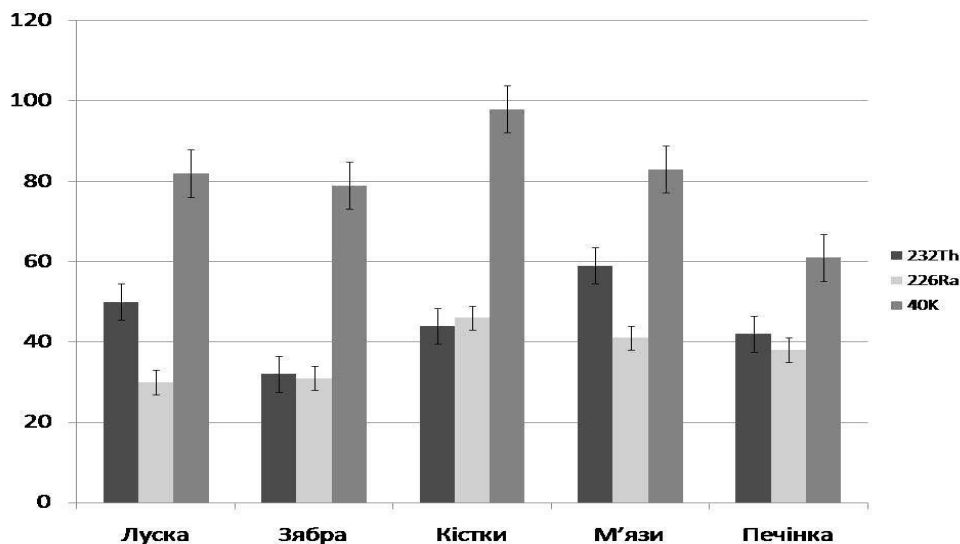


Рис. 3. Середній вміст ^{232}Th , ^{226}Ra та ^{40}K у тканинах білого товстолобика Запорізького водосховища, Бк/кг

Вміст ^{40}K виявляли на рівні від 60 до 98 Бк/кг. Найменший середній вміст ^{40}K зафіксували в м'язовій тканині риби, найбільший – у кістковій тканині товстолобика. Природний ізотоп калію є досить поширеним, особливо в Придніпровському регіоні, який відрізняється підвищеним радіоактивним фоном, тому його вміст у риби Запорізького водосховища досягає високих значень. Питома радіоактивність природного калію доволі висока, а вміст його в будь-яких живих клітинах завжди дуже значний, оскільки він належить до макроелементів.

Весняні показники вмісту ^{232}Th у м'язовій тканині риб були вищими, ніж осінні (рис. 4). У кістковій тканині вміст ^{232}Th восени збільшувався. Вміст ^{40}K до осені зменшувався, а вміст ^{226}Ra залишався на сталому рівні.

У весняний період відбувається надходження радіонуклідів за рахунок поверхневого стоку з прилеглих територій та відтоку радіоактивних речовин з верхніх водосховищ дніпровського каскаду [7, 10].

Кліматичні умови водойми впливають на виведення радіонуклідів. Зниження температури води в осінній період до 5°C гальмує процес виведення радіонуклідів та збільшує період напіввиведення у 2–3 рази.

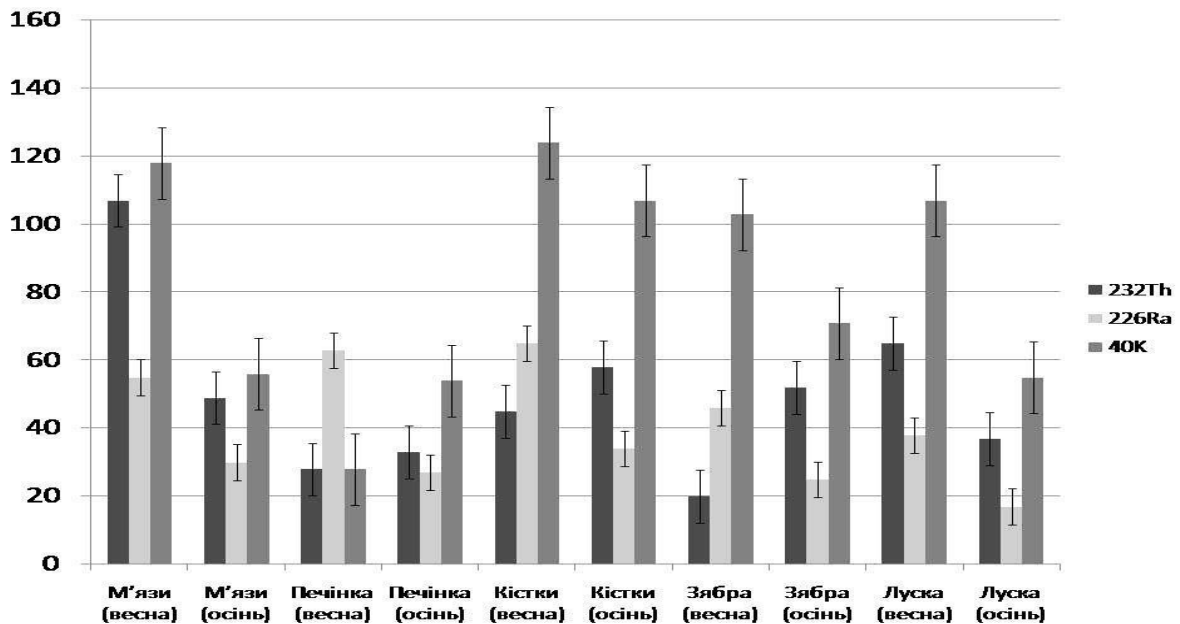


Рис. 4. Сезонна динаміка вмісту ^{232}Th , ^{226}Ra та ^{40}K у тканинах білого товстолобика Запорізького водосховища, Бк/кг

Як правило, забруднення рибної продукції розраховується за коефіцієнтами накопичення Кн. У водній радіоекології Кн визначають як відношення питомої активності радіонукліда в організмі до питомого вмісту у воді.

За встановленими коефіцієнтами накопичення радіонуклідів відносно води у м'язовій тканині білого товстолобика ^{137}Cs акумулюється в 3 рази інтенсивніше, ніж ^{90}Sr (рис. 5).

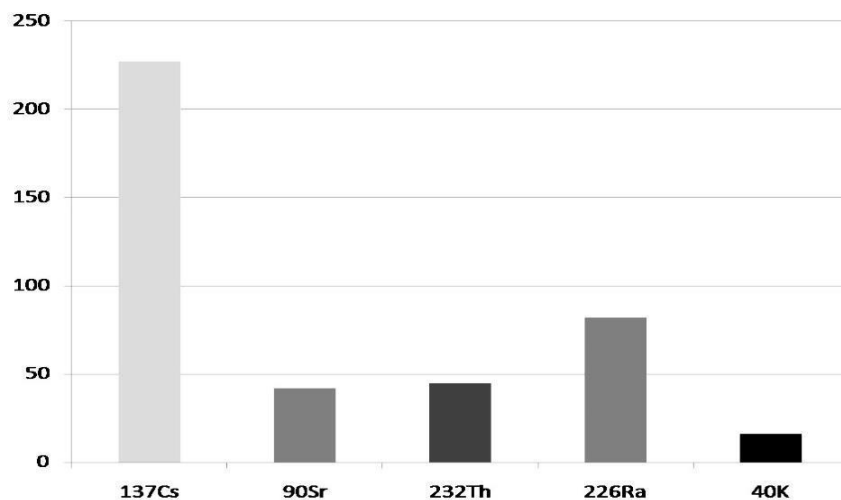
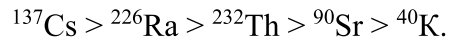


Рис. 5. Середні коефіцієнти накопичення радіонуклідів білим товстолобиком Запорізького водосховища

Радіонукліди ^{137}Cs є основним чинником внутрішньої дози опромінення штучними радіонуклідами для білого товстолобика Запорізького водосховища. Швидкість акумуляції в м'язовій тканині білого товстолобика дозволяє розмістити досліджувані радіоізотопи в такій послідовності за вибуванням:



Радіонукліди ^{40}K містяться в рибі у високих концентраціях, але накопичуються з води значно менше, ніж ^{137}Cs , який є хімічним аналогом калію.

Отже, результати дослідження вмісту радіонуклідів та їх розподілу по тканинах білого товстолобика свідчать про те, що найбільша кількість радіоактивних речовин міститься в м'язовій і кістковій тканинах, що можна пояснити повільнішим обміном та швидкістю відновлення цих тканин у порівнянні з паренхімою печінки та зябровим епітелієм.

Перспективи подальших досліджень. Виявлені закономірності накопичення природних і штучних радіонуклідів у тканинах білого товстолобика Запорізького водосховища дають підстави для прогнозування та моделювання міграційних процесів і радіоактивного забруднення водної екосистеми за подальших моніторингових спостережень.

ВИСНОВКИ

1. У тканинах білого товстолобика Запорізького водосховища виявлені радіонукліди чорнобильського сліду ^{137}Cs та ^{90}Sr , середній вміст яких складав від 10 до 12 Бк/кг та від 2,5 до 6 Бк/кг відповідно. Рівні вмісту радіонуклідів нижчі за діючі в Україні допустимі рівні для рибної продукції.
2. Сезонна динаміка вмісту радіонуклідів у тканинах білого товстолобика виявилась у значному переважанні концентрацій ^{137}Cs та ^{90}Sr навесні у порівнянні з осіннім періодом.
3. За коефіцієнтами накопичення відносно води у м'язовій тканині білого товстолобика встановлена послідовність акумуляції радіонуклідів за вибуванням:
 $^{137}\text{Cs} > ^{226}\text{Ra} > ^{232}\text{Th} > ^{90}\text{Sr} > ^{40}\text{K}$.
4. Отримані дані свідчать, що рибна продукція білого товстолобика є придатною для споживання людиною, а радіоекологічна ситуація в Запорізькому водосховищі – задовільна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ананьева Т. В., Маренков О. Н., Шаповаленко З. В. Биоиндикация радиоактивного загрязнения Запорожского водохранилища (Днепропетровская обл., Украина) по ихтиофауне. *Чернобыль: 30 лет спустя: материалы междунар. науч. конф.* (Гомель, 21-22 апреля 2016 г.). Гомель: Ин-т радиологии, 2016. С. 19-22.
2. Ananieva T., Fedonenko E., Shapovalenko Z. Contribution of environmental radiation into fish metabolic state at impacted reservoir. *Biodiversity after the Chernobyl accident: The scientific proceed. of the Int. network AgroBioNet / Ed.: Svitlana Klymenko, Olga Grygorieva, Erika Mňahončáková. Part II. Slovak University of Agriculture, Nitra, 2016. P. 15-19.*
3. Білоконь Г., Ананьева Т., Просяник Ю. Моніторингові дослідження накопичення радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr рибами Запорізького водосховища. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна.* 2014. Вип.67. С. 123-128.
4. Волкова О. М., Беляев В. В. Вплив гідрологічних факторів на формування радіонуклідного забруднення гідро біонтів. *Ядерна фізика та енергетика.* 2009. Т. 10, № 1. С. 80-84.
5. Ананьева Т. В., Федоненко О. В., Шаповаленко З. В. Міграція радіонуклідів у молоді плітки звичайної на акваторії Запорізького водосховища. *Питання біоіндикації та екології.* Запоріжжя: ЗНУ, 2016. Вип. 21, № 1–2. С. 110-121.

6. Белоконов А. С., Маренков О. Н., Дворецкий А. И. Содержание радионуклидов и тяжелых металлов в икре некоторых промысловых видов рыб Запорожского водохранилища. *Ядерная физика та енергетика*. 2013. Т. 14, № 1. С. 81-85.
7. Зарубин О. Л., Лактионов В. А., Мошна Б. А. Техногенные радионуклиды в пресноводных рыбах Украины после аварии на ЧАЭС. *Ядерная физика та енергетика*. 2011. Т. 12, № 2. С. 192-197.
8. Дворецкий А. И., Сапронова В. О. Прогнозування поведження радіоактивних речовин у Дніпровському водосховищі. *Вода: проблеми и решения: матер. X науч.-практ. конф.* Днепропетровск: Гамалія, 2012. С. 21-23.
9. Накопичення ^{90}Sr представниками «мирних» видів риб у водоймах чорнобильської зони відчуження та інших водоймах України / Каглян О. Є. та ін. *Біологічні студії*. 2011. Т. 5, № 2. С. 113-120.
10. Удельная активность ^{137}Cs у рыб Украины. Современное состояние / Зарубин О. Л. и др. *Ядерная физика и енергетика*. 2013. Т. 14, №2. С. 177-182.

УДК 576.895.122

DOI <https://doi.org/10.26661/2410-0943-2018-1-04>

**ДИНАМИКА И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАЗИТОФАУНЫ
РЕЧНОГО СУДАКА (*STIZOSTEDION LUCIOPERCA* L.)
В СОВРЕМЕННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ
БАСЕЙНА РЕКИ КУРЫ В ПРЕДЕЛАХ АЗЕРБАЙДЖАНА**

Ибрагимова Н. Э.

*Институт зоологии НАН Азербайджана**1073, Азербайджан, Баку, ул. А. Аббасзаде, проезд 1128, квартал 504*

ibragimova.n.e@mail.ru

Работа посвящена особенностям паразитофауны и динамике заражения судака в современных экологических условиях реки Куры на территории Азербайджана, начиная от границы Грузией и до Каспийского моря. Проводится сравнительный анализ паразитофауны судака за последние 60 лет. Отмечены условно патогенные для судака, а также патогенные для человека виды паразитов.

Ключевые слова: река Кура, речной судак, паразитофауна, динамика заражения, сравнительный анализ, экологические условия.

Ибрагімова Н. Е. ДИНАМІКА І ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПАРАЗИТОФАУНИ РІЧКОВОГО СУДАКА (*STIZOSTEDION LUCIOPERCA* L.) У СУЧАСНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ УМОВАХ БАСЕЙНУ РІЧКИ КУРИ В МЕЖАХ АЗЕРБАЙДЖАНУ/ Інститут зоології НАН Азербайджану; 1073, Азербайджан, Баку, вул. А. Аббасзаде, проїзд 1128, квартал 504

Робота присвячена особливостям паразитофауны і динаміці зараження судака в сучасних екологічних умовах річки Кури на території Азербайджану, починаючи від кордону із Грузією і до Каспійського моря. Проводиться порівняльний аналіз паразитофауны судака за останні 60 років. Відмічені умовно патогенні для судака, а також патогенні для людини види паразитів.

Ключові слова: річка Кура, річковий судак, паразитофауна, динаміка зараження, порівняльний аналіз, екологічні умови.

Ibrahimova N. E. DYNAMICS AND COMPARATIVE ANALYSIS OF PARASITOFUNA OF THE RIVER ZANDER (*STIZOSTEDION LUCIOPERCA* L.) IN THE MODERN ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF THE KURA RIVER BASIN IN THE AREAL OF AZERBAIJAN / Institute of Zoology, NAS of Azerbaijan; 1073, Azerbaijan, Baku, Abbaszade str., Pass 1128, block 504

Every year, the Kura River is polluted intensely with industrial, domestic and agricultural waste, which is discharged by Georgia (260 million / l), Armenia (300 million / l), and Azerbaijan (25 million / l). The hydrobiological and ichthyologic studies of recent years in the basin of the Kura River within Azerbaijan