

УДК 556.114.679:613.472:639.1.055.36(476.2)

Радиоактивное загрязнение ихтиофауны водоемов, расположенных на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника

Д.Н. ИВАНЦОВ, А.В. ГУЛАКОВ

Представлены данные об активности ^{137}Cs в организме наиболее распространенных видов пресноводной ихтиофауны, обитающей в водоемах, расположенных на территории с высоким уровнем радиоактивного загрязнения.

Ключевые слова: ихтиофауна, видовой состав, активность ^{137}Cs , органы и ткани.

The article presents data on the ^{137}Cs activity in the body of the most common species of freshwater fish fauna inhabiting in waters located in areas with high levels of radioactive contamination.

Keywords: fish fauna, species composition, ^{137}Cs activity, organs and tissues.

Введение. Радиоэкологические исследования выявили высокие уровни удельной активности ^{137}Cs во многих водоемах Республики Беларусь, расположенных даже на значительном расстоянии от места аварии. Возросший в результате аварии на Чернобыльской АЭС радиационный фон стал одним из дополнительных экологических факторов в водных экосистемах Европы, особенно на значительных территориях Украины, Беларуси и России. На водосборных территориях Днестра и Припяти вследствие Чернобыльской аварии сформировалась обширная зона радиоактивного загрязнения, что привело к поступлению радионуклидов во многие рыбохозяйственные водоемы [1].

Изучение воздействия ионизирующей радиации на животных, обитающих на территории с высоким уровнем радиоактивного загрязнения, а также поведения радионуклидов в водных объектах является очень важной задачей в области экологии и охраны окружающей среды.

Необходимость исследований в этом направлении очевидна, так как в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС значительному загрязнению искусственными, биологически значимыми радионуклидами были подвергнуты многие внутренние водоемы Беларуси, Украины и России [2].

До настоящего времени на территории республики существуют водоемы с высокими уровнями активности ^{137}Cs в гидробионтах, которые являются одним из основных источников поступления радионуклида по пищевым цепям к человеку. Поэтому очень важно изучение содержания и перераспределения ^{137}Cs по пищевым цепям, а также закономерностей накопления этого радионуклида в зависимости от биологических показателей рыб.

Выявление видовых, возрастных и сезонных различий в содержании радионуклидов в организме пресноводных рыб представляет как научный, так и практический интерес. Кроме того, употребление в пищу пресноводных рыб из водоемов, подвергшихся загрязнению, может являться дополнительным источником поступления радионуклидов в организм человека и приводить к увеличению дозовых нагрузок на население, проживающее на радиоактивно загрязненной территории.

Основной целью работы, поэтому являлось проведение анализа активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в наиболее распространенных видах пресноводных рыб, обитающих на территории с высоким уровнем радиоактивного загрязнения.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в течение летнего периода 2016 г. на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. Водные объекты, выбранные для проведения лова рыбы, характеризовались различным гидрологическим режимом и уровнем радиоактивного загрязнения. Для изучения ихтиофауны, были выбраны следующие три водоема: озеро Гнездное (замкнутый водоем) и Семеница (полупроточный водоем), а также канал вблизи б.н.п. Оревичи (часть мелиоративной сети) (рисунок 1).

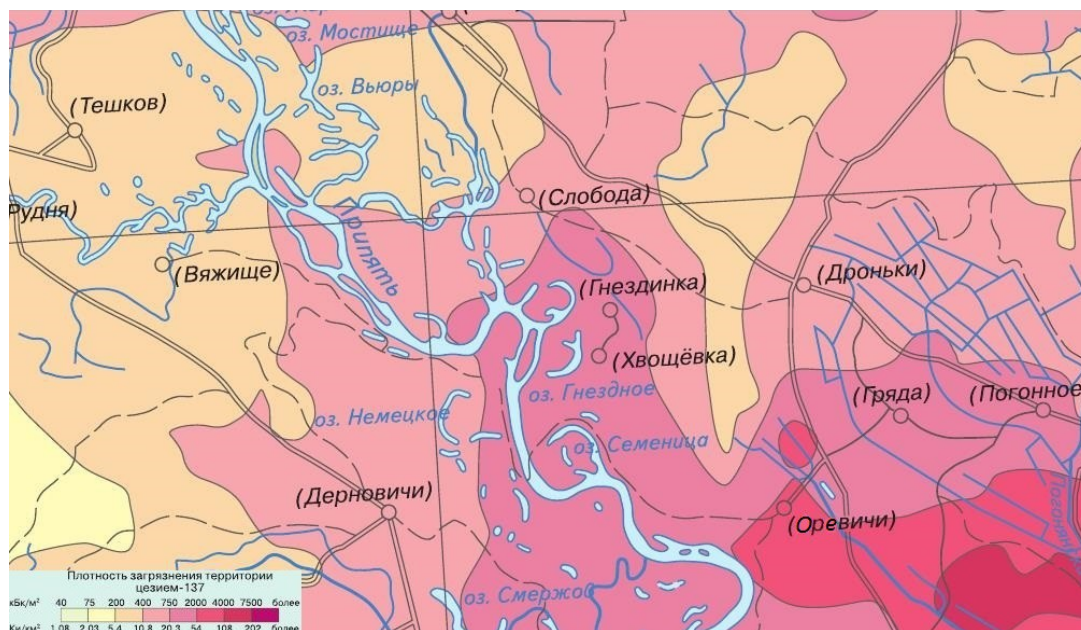


Рисунок 1 – Места отлова рыбы

Озеро Гнездное ($51^{\circ}38'8''$ СШ и $29^{\circ}47'46''$ ВД) находится в 28 км на юго-восток от г. Наровля, возле д. Хвощевка и относится к бассейну р. Припять (расположено в ее пойме), является озером старичного типа. Местность холмистая, имеющая сложный рельеф. Берега песчаные, высокие, местами поросшие кустарником. Площадь зеркала около $0,12 \text{ км}^2$, длина около 1,6 км, наибольшая ширина около 0,07 км, длина береговой линии около 3,4 км.

Озеро Семеница ($51^{\circ}37'14''$ СШ и $29^{\circ}47'53''$ ВД) находится в 34 км на юго-запад от г. Хойники, и в 1,4 км на юг от б.н.п. Хвощевка. Озеро старичного типа. Относится к бассейну р. Припять. Является полупроточным водоемом, постоянно соединено с р. Припять. Площадь зеркала около $0,21 \text{ км}^2$, длина около 2,3 км, наибольшая ширина около 0,17 км, длина береговой линии около 7,8 км.

Канал вблизи б.н.п. Оревичи, собственного географического названия не имеет, среди населения, до аварии проживавшего на прилегающей территории, носил название «канал Оревичи». Находится приблизительно в 40 км на юго-запад от г. Хойники и в 1,2 км от б.н.п. Оревичи. На востоке мелиоративный канал связан с Погонянским каналом.

Отлов рыб производился с мая по октябрь 2016 г. В качестве орудий лова были использованы сети трехстенные «Нептун» – длина 30 м, высота 1,8 м, размер ячеи 30 мм (2 шт.), 40 мм (2 шт.), 50 мм (2 шт.), 65 мм (2 шт.), 70 мм (2 шт.), бредень рыболовный маленький – длина 10 м, высота 1,5 м, мотня 2 м.

Определение содержания ^{137}Cs в пробах органов и тканей рыб проводили гамма-спектрометрическим методом по стандартным методикам [3] на проверенной и аттестованной аппаратуре. ^{90}Sr определяли радиохимическим методом [4] по методике ЦИНАО [5].

Результаты исследований и их обсуждение. За период исследований на территории Подлесского государственного радиационно-экологического заповедника нами было выловлено 130 экземпляров рыб, относящихся к следующим десяти видам различных экологических групп: бентофаги – карась серебрястый (*Carassius auratus gibelio* Bloch), линь (*Tinca tinca* L.), плотва обыкновенная (*Rutilus rutilus* L.), лещ обыкновенный (*Abramis brama* L.), густера (*Blicca bjoerkna* L.) зоопланктонофаг – синец (*Abramis ballerus* L.), а также облигатные и факультативные ихтиофаги – сом обыкновенный (*Silurus glanis* L.), щука обыкновенная (*Esox lucius* L.), жерех обыкновенный (*Aspius aspius* L.), окунь обыкновенный (*Perca fluviatilis* L.).

Видовой состав отловленной рыбы представлен на рисунке 2.

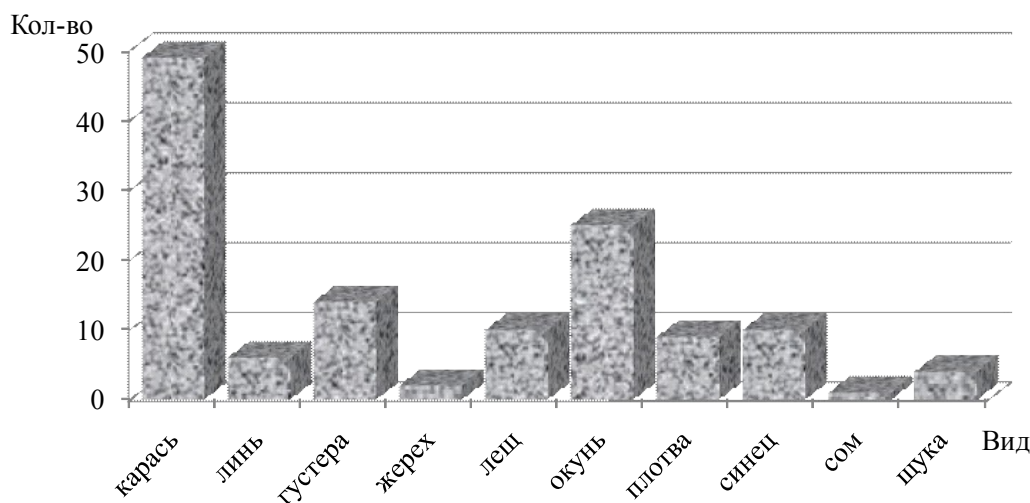


Рисунок 2 – Видовой состав отловленной рыбы за время исследований

Как видно из данных, представленных на рисунке 2, доминантным видом в уловах являлся карась серебристый в количестве 49 особей, а субдоминантным – окунь речной 25 экземпляров. Такие виды, как плотва, лещ, синец, густера, были встречены в количестве 9–14 штук. Менее часто в уловах были отмечены такие виды, как щука и линь, в количестве 4 и 6 особей соответственно. В единичных экземплярах в исследуемых водоемах были выловлены сом и жерех.

Наибольшее количество рыбы было выловлено в озере Семеница – 52 экземпляра следующих 7 видов: плотва обыкновенная (*Rutilus rutilus* L.), лещ обыкновенный (*Abramis brama* L.), густера (*Blicca bjoerkna* L.), синец (*Abramis ballerus* L.), сом обыкновенный (*Silurus glanis* L.), жерех обыкновенный (*Aspius aspius* L.), окунь обыкновенный (*Perca fluviatilis* L.). Видовой состав выловленной рыбы в озере Семеница показан на рисунке 3.

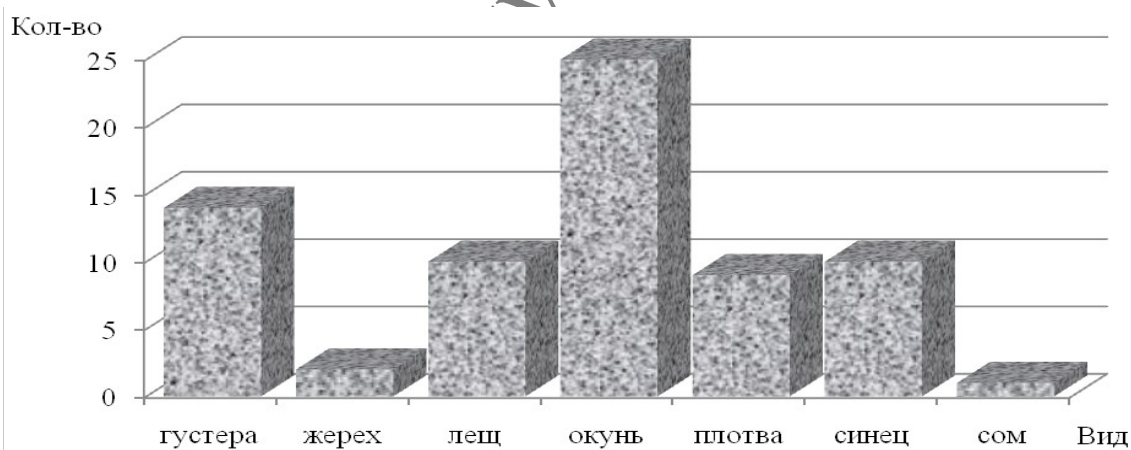


Рисунок 3 – Видовой состав отловленной рыбы на озере Семеница

Как видно из данных, приведенных на рисунке 3, наиболее часто встречаемыми видами в уловах на данном водоеме были густера и окунь – 14 и 17 экземпляров соответственно. Реже в уловах были отмечены такие виды как плотва 7 особей и лещ – 10 экземпляров. В единичных экземплярах были отмечены сом, жерех и синец.

В озере Гнездное было выловлено 28 особей рыб, относящихся к следующим 6 видам: линь (*Tinca tinca* L.), плотва обыкновенная (*Rutilus rutilus* L.), синец (*Abramis ballerus* L.), щука обыкновенная (*Esox lucius* L.), жерех обыкновенный (*Aspius aspius* L.), окунь обыкновенный (*Perca fluviatilis* L.). Видовой состав выловленной рыбы в озере Гнездное представлен на рисунке 4.

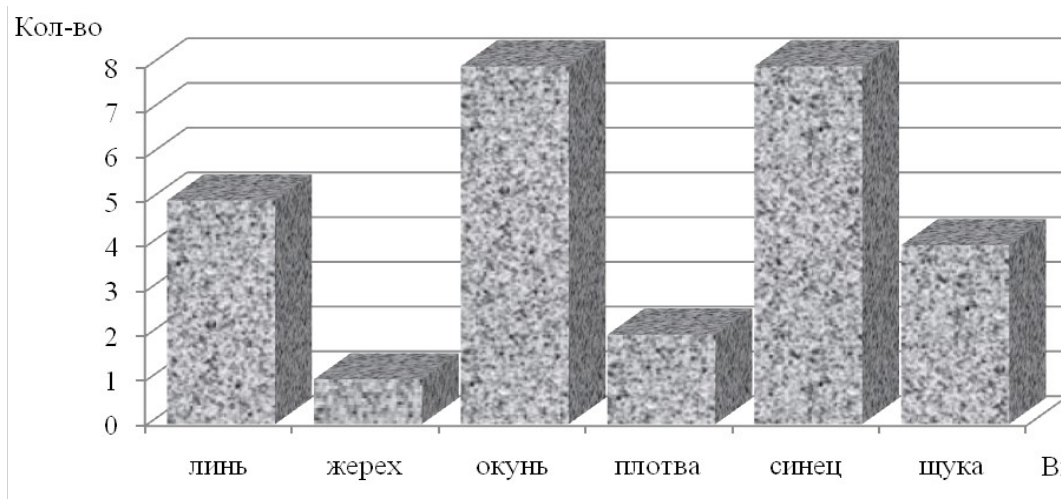


Рисунок 4 – Видовой состав отловленной рыбы на озере Гнездное

Как видно из данных, представленных на рисунке 4, доминантными видами в уловах являлись синец и окунь в количестве 8 экземпляров. Менее часто в уловах встречались щука и линь – 4–5 особей. Такие виды как жерех и плотва были отмечены в единичных экземплярах.

В канале Оревичский было отловлено 50 особей рыб двух видов: карась серебристый (*Carassius auratus gibelio* Bloch) и линь (*Tinca tinca* L.). Причем следует отметить, что линь в данном водоеме был встречен в единственном экземпляре.

Нами было также определена активность основных дозообразующих радионуклидов в организме выловленной рыбы. Результаты измерений удельной активности ^{137}Cs в мышечной ткани рыб представлены в кБк/кг сырого веса.

Особенности миграции радионуклидов по трофическим цепям ихтиофауны обуславливаются многими факторами: путем поступления радионуклида в организм, физико-химическими свойствами радионуклидов и формами их нахождения в водной среде, концентрацией в воде стабильных элементов-аналогов, типом питания различных видов рыб, их возрастом, массой особей, физиологическими особенностями накопления радионуклида в органах и тканях [6].

Существует зависимость между удельной активностью ^{137}Cs в рыбах и загрязнением ^{137}Cs прилегающих территорий. Чем выше загрязнение ^{137}Cs местности, на которой расположен водоем, тем выше уровни удельной активности ^{137}Cs у всех компонентов водоема, в том числе и у ихтиофауны. В небольших непроточных или слабопроточных водоемах эта закономерность может не проявляться.

Плотность загрязнения территории водосбора исследуемых водных объектов представлена в таблице 1.

Наибольшей плотностью загрязнения радионуклидами прилегающей территории характеризуется бывший мелиоративный канал вблизи б.н.п. Оревичи.

Таблица 1 – Средняя плотность радиоактивного загрязнения почвы территории водосбора

Водоем	Плотность радиоактивного загрязнения, кБк/м ²	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Озеро Семеница	999,2 ± 184,2	68,8 ± 18,7
Озеро Гнездное	271,1 ± 54,2	44,4 ± 12,6
Мелиоративный канал вблизи б.н.п. Оревичи	1427,7 ± 285,5	131,9 ± 30,9

Средняя плотность загрязнения почвы для данного участка составляла по ^{137}Cs 1427,7 ± 285,5 кБк/м² и по ^{90}Sr 131,9 ± 30,9 кБк/м². В то время как средняя плотность радиоактивного загрязнения почвы территории водосбора озеро Семеница была по ^{137}Cs 999,2 ± 184,2 кБк/м² и по ^{90}Sr 68,8 ± 18,7 кБк/м². Значительно меньше было радиоактивное загрязнения почвы территории водосбора озера Гнездное – 271,1 ± 54,2 кБк/м² по ^{137}Cs и 44,4 ± 12,6 кБк/м² по ^{90}Sr .

В таблице 2 приведены результаты анализа содержания ^{137}Cs в мышечной ткани различных видов рыб, обитающих в водоемах, расположенных на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника.

Таблица 2 – Содержание ^{137}Cs в мышечной ткани различных видов рыб в водоемах, расположенных на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, кБк/кг

Вид	Водоем		
	Озеро Семеница	Озеро Гнездное	Канал вблизи б.н.п. Оревичи
Карась	–	–	$2,99 \pm 0,14$ 1,53 – 5,75 (n = 46)
Линь	–	$0,08 \pm 0,01$ 0,07 – 0,10 (n = 5)	1,87 (n = 1)
Густера	$0,03 \pm 0,004$ 0,008 – 0,053 (n = 14)	–	–
Жерех	–	0,17 (n = 1)	–
Лещ	$0,02 \pm 0,002$ 0,01 – 0,04 (n = 10)	–	–
Окунь	$0,08 \pm 0,01$ 0,02 – 0,16 (n = 17)	$0,43 \pm 0,03$ 0,31 – 0,56 (n = 8)	–
Плотва	$0,06 \pm 0,007$ 0,05 – 0,09 (n = 5)	$0,09$ 0,08 – 0,11 (n = 2)	–
Синец	$0,03$ 0,02 – 0,04 (n = 2)	$0,06 \pm 0,02$ 0,02 – 0,11 (n = 5)	–
Сом	0,07 (n = 1)	–	–
Щука	–	$0,26 \pm 0,06$ 0,14 – 0,43 (n = 4)	–

Примечание: в числителе – среднее значение; в знаменателе – минимальное, максимальное значение; в скобках – объем выборки

Как видно из представленных данных в таблице 2, наиболее высокими уровнями накопления ^{137}Cs в мышцах отличались рыбы, обитающие в канале вблизи б.н.п. Оревичи. Так, средняя удельная активность ^{137}Cs в организме карася составляла $2,99 \pm 0,14$ кБк/кг при максимальном значении 5,75 кБк/кг. Единственный отловленный экземпляр линя в данном водоеме имел активность ^{137}Cs в мышечной ткани 1,87 кБк/кг.

Среди представителей хищных рыб, наиболее была загрязнена мышечная ткань рыб, отловленных в озере Гнездное. Так, активность ^{137}Cs в мышечной ткани окуня составляла $0,43 \pm 0,03$ кБк/кг и у щуки – $0,26 \pm 0,06$ кБк/кг, единственный выловленный экземпляр жереха имел активность 0,17 кБк/кг. В то время как организм «мирных» рыб данного водоема содержал ^{137}Cs в пределах от $0,06 \pm 0,02$ кБк/кг у синца до 0,08–0,09 кБк/кг у линя и плотвы.

Наименее была загрязнена рыба, обитающая в озере Семеница. Средняя активность ^{137}Cs в организме окуня находилась в пределах $0,08 \pm 0,01$ кБк/кг, а у сома – 0,07 кБк/кг. Представители отряда карповые (синец, лещ, густера) в озере накапливали ^{137}Cs от 0,02 кБк/кг до 0,03 кБк/кг, за исключением плотвы, у которой удельная активность ^{137}Cs составила $0,06 \pm 0,007$ кБк/кг.

^{90}Sr накапливался, в основном, в костной ткани исследуемых видов рыб, где его удельная активность достигала 1,92 кБк/кг, мышечная ткань накапливала данный радионуклид в пределах 0,12–0,14 кБк/кг.

Закключение. Таким образом, за время проведения исследований нами было выловлено 130 экземпляров рыб, относящихся к десяти видам различных экологических групп.

Доминантным видом в уловах являлся карась серебристый в количестве 49 особей, а субдоминантным – окунь речной 25 экземпляров. Такие виды, как плотва, лещ, синец, густера, были встречены в количестве 9–14 штук. Менее часто в уловах были отмечены такие виды как щука и линь, в количестве 4 и 6 особей соответственно. В единичных экземплярах в исследуемых водоемах были выловлены сом и жерех.

Наибольшее количество рыбы было выловлено в озере Семеница 52 экземпляра и в Оревичском канале – 50 особей, в то время как в озере Гнездное было отловлено 28 экземпляров.

Наименьшая удельная активность ^{137}Cs зарегистрирована у рыб, занимающих низший трофический уровень, у так называемых «мирных видов»: лещ, густера, плотва, карась, линь, синец – в отличие от хищных видов.

^{90}Sr накапливался в основном в костной ткани исследуемых видов рыб, где его удельная активность достигала 1,92 кБк/кг, мышечная ткань накапливала данный радионуклид в пределах 0,12–0,14 кБк/кг.

Литература

1. Собонович, Э.В. Естественная защищенность природных вод от загрязнения техногенными радионуклидами Чернобыльского выброса / Э.В. Собонович // I Международная рабочая группа по тяжелым авариям и их последствиям, 30 октября – 3 ноября 1989 г., Дагомыс, Сочи. – М. : Наука, 1990. – С. 144–152.
2. Кузьменко, М.І. Техногенні радіонукліди у прісноводних екосистемах / М.І. Кузьменко, Д.І. Гудков, С.І. Кіреєв – К. : Наукова думка, 2010. – 263 с.
3. Сборник нормативных, методических, организационно-распорядительных документов Республики Беларусь в области радиационного контроля и безопасности / Под ред. В.Е. Шевчука. – Минск, 1998. – 230 с.
4. СТБ 1059-98. Радиационный контроль. Подготовка проб для определения стронция-90 радиохимическими методами. – Введ. 01.07.98. – Минск : Госстандарт, 1998. – 22 с.
5. Методические указания по определению ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвах и растениях / Под ред. Л.М. Державина // Центральный институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ЦИНАО) – М. : ЦИНАО, 1985. – 64 с.
6. Рябов, И.Н. Радиоэкология рыб водоемов в зоне влияния аварии на Чернобыльской АЭС / И.Н. Рябов. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 215 с.

Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины

Поступила в редакцию 29.10.2016