

Д. Н. ИВАНЦОВ<sup>1</sup>, А. В. ГУЛАКОВ<sup>2</sup>, Д. Н. ДРОЗДОВ<sup>2</sup>

## ЗАВИСИМОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ <sup>137</sup>Cs ОТ ПРОМЫСЛОВОЙ ДЛИНЫ ХИЩНЫХ ВИДОВ РЫБ

<sup>1</sup>Полесский государственный радиационно-экологический заповедник,  
г. Хойники, Республика Беларусь,  
ivantsou@mail.ru

<sup>2</sup>Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,  
г. Гомель, Республика Беларусь,  
Gulakov@gsu.by, Drozdov@gsu.by

*В работе представлены результаты анализа зависимости накопления <sup>137</sup>Cs от промысловой длины хищных видов рыб, обитающих на участке реки Припять в пределах границ Полесского государственного радиационно-экологического заповедника.*

*Ключевые слова: ихтиофауна, радиоактивное загрязнение, <sup>137</sup>Cs, промысловая длина.*

Радиоактивное загрязнение и миграция источников ионизирующего излучения являются одним из наиболее сложно устранимых экологических факторов, на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС [4].

В результате катастрофы в окружающую среду было выброшено большого количества радионуклидов из числа продуктов деления, наведенных радионуклидов и невыгоревшего топливного материала [13, 14]. На водосборных территориях Днепра и Припяти сформировалась обширная зона радиоактивного загрязнения, что привело к поступлению радионуклидов во многие водные объекты, находящиеся на пострадавших территориях [9].

В настоящее время основными источниками радиоактивного загрязнения являются долгоживущие радионуклиды <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr. [9]. Основным нуклидом, с точки зрения радиационной опасности, в чернобыльских выпадениях является <sup>137</sup>Cs. Общее количество поступившего в природную среду <sup>137</sup>Cs составило около  $8 \times 10^{16}$  Бк или 10 % от всего находившегося в реакторе радиоцезия [1]. В силу специфики чернобыльского выброса роль биологически подвижного <sup>90</sup>Sr как источника радиационной опасности существенно меньше (оно относительно значимо в ряде районов Украины и Беларуси). Выброс <sup>90</sup>Sr был равен  $2,3 \cdot 10^{17}$  Бк.

Исследования, проведенные в водоемах, загрязненных после катастрофы на Чернобыльской АЭС, обнаружили, что у рыб одного вида в более крупных особях содержание <sup>137</sup>Cs больше, чем в экземплярах меньших размеров. Этому явлению было дано наименование «размерный эффект» [15]. Обычно положительный размерный эффект регистрировался в рыбах высших трофических уровней – ихтиофагах, и рыбах смешанного типа питания, с увеличением возраста переходящих на облигатное хищничество [7]. В этой связи одна из задач исследования состояла в том, чтобы произвести оценку связи между промысловой длиной и значениями удельной активности хищных видов рыб.

Исследования выполнялись в период 2016-2020 гг. на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ). Для проведения анализа использовались материалы собственных исследований. Работы проводились на водных объектах с различными экологическими условиями: водотоки – река Припять; полупроточные водоемы – озеро Семеница, Николаевский старик. Водные объекты, на которых проводились исследования, характеризуются различным гидрологическим режимом и уровнями радионуклидного загрязнения территорий, на которых они расположены (рисунок 1) [10].

Отлов рыб проводился с апреля 2016 года по ноябрь 2020 года. В качестве орудий лова были использованы сети трехстенные «Нептун» длина 30 м, высота 1,8 м, размер ячеи

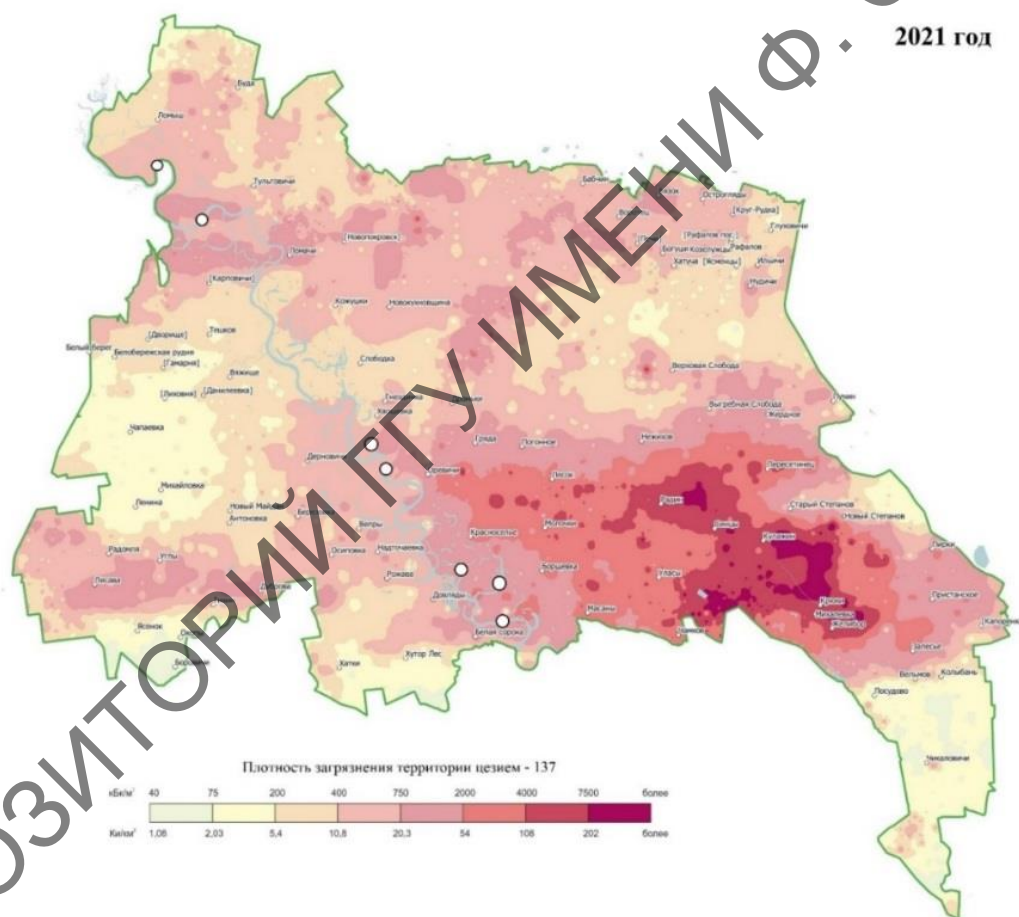
30 мм (2 шт. ), 40 мм (2 шт. ), 50 мм (2 шт. ), 65 мм (2 шт. ), 70 мм (2 шт. ). При проведении лова рыб одновременно устанавливалось от 2 до 8 сетей с разным размером ячеи [3].

Определение видов и анализ биологических показателей рыб проводился общепринятыми в ихтиологических исследованиях методами [2, 5, 12].

За период проведения работ получены результаты удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в организме 3 хищных видов рыб (возрастом от 2 до 12 лет). Были проанализированы: щука обыкновенная (*Esox lucius* L.) (n=140), жерех (*Aspius aspius* L.) (n=54), окунь обыкновенный (*Perca fluviatilis* L.) (n=190) [5].

Для радиологических исследований отбиралась мышечная ткань. Определение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в биологических пробах проводили гамма-спектрометрическим методом в лаборатории спектрометрии и радиохимии ПГРЭЗ с использованием гамма-бета спектрометра МКС-АТ1315 и гамма-спектрометра «Canberra». Относительная погрешность измерения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в образцах не превышала 30%.

Полученные результаты были обработаны с помощью стандартных методов статистического анализа [11] с использованием пакетов прикладных программ *Statistica* (StatSoft Inc., USA, version 6. 0) и *Excel*.



**Рисунок 1 – Территория проведения исследований, O – водные объекты, где были проведены исследования**

Как правило, в естественных условиях обитания у рыб размер и масса пропорционально увеличиваются с возрастом, что позволяет связать рост содержания  $^{137}\text{Cs}$  в рыбах с длиной тела рыбы (промысловой длиной). Длина тела рыбы измеряется от конца рыла до начала лучей лопасти хвостового плавника или до конца чешуйчатого покрова (у чешуйчатых рыб).

На рисунке 2 представлена возрастная динамика промысловой длины хищных рыб.

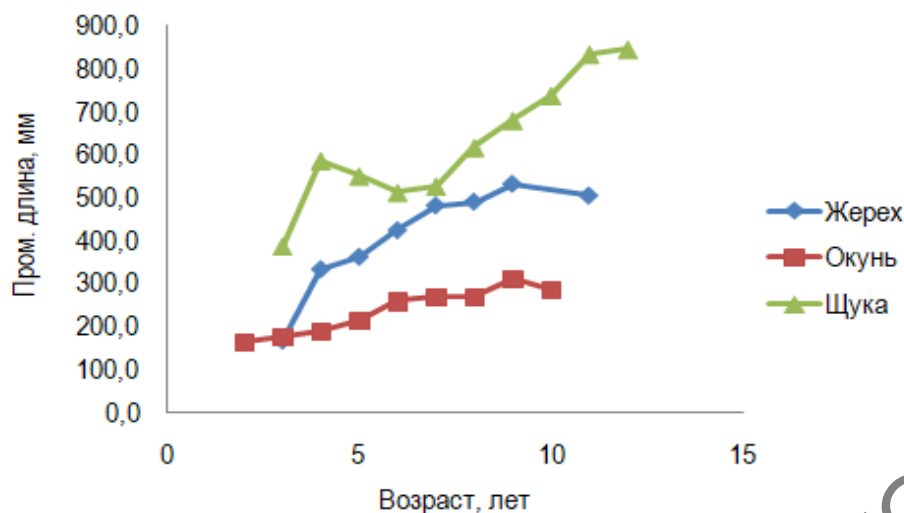


Рисунок 2 – Динамика промысловой длины хищных рыб

Из рисунка 2 видно, что у хищных пресноводных рыб имеются различия в темпах роста промысловой длины. Сравнительный анализ углов наклона линейных трендов динамики промысловой длины показал, что темпы роста у щуки на 15 % больше чем у жереха и на 136 % больше чем у окуня.

Предыдущие исследования накопления  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани хищных видов рыб – щуки, жереха и окуня в зависимости от половой принадлежности показал отсутствие достоверных различий в накоплении радиоцезия самцами и самками [6]. Отсутствие достоверных различий позволили сформировать объединенную выборку самцов и самок каждого вида и использовать эти данных для оценки зависимости накопления  $^{137}\text{Cs}$  от промысловой длины хищных видов рыб.

Результаты анализа показали, что с возрастом удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани хищных рыб увеличивается, и достигает максимальных значений у окуня и щуки в 5–6 лет. У окуня средний прирост удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани составляет около 90 Бк/кг в год, максимальные значения могут достигать 700 Бк/кг и более. У щуки средний прирост удельной активности составляет около 75 Бк/кг в год, максимальные значения могут достигать 650 Бк/кг и более, после достижения возраста 5–6 лет содержание  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани снижается (45–50 Бк/год).

Для экспресс-оценки удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани хищных рыб, обитающих на участке реки Припять в границах ПГРЭЗ, могут быть использованы регрессионные модели, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Регрессионные модели для экспресс-оценки удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани хищных рыб

Вид рыбы	Регрессионная модель	Коэффициент детерминации
Окунь	$y = 0,85x + 170$	0,7
Щука	$y = 0,18x + 250$	0,8
Жерех	$y = 0,70x + 230$	0,6

Примечание:  $y$  – удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани, Бк/кг;  $x$  – длина тела, мм.

Исходя из данных, полученных в ходе анализа динамики удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани разных видов хищных рыб, обитающих в реке Припять на территории ПГРЭЗ, определены значения допустимой длины тела (таблица 2).

**Таблица 2 – Максимально допустимая длина тела рыбы, разрешенной для изъятия в соответствии с санитарно-гигиеническими нормативами содержания  $^{137}\text{Cs}$  в рыбе, см**

Вид рыбы	Допустимая длина тела рыбы ТР ТС 021-2011	Допустимая длина тела рыбы РДУ-99
Жерех	30,0	34,5
Окунь	20,0	21,0
Щука	44,0	47,0

Для экспресс-оценки удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани жереха, окуня и щуки можно использовать их длину тела (промысловую длину). Таким образом с возрастом у рыб увеличиваются масса и линейные размеры тела. У хищных пресноводных рыб имеются различия в темпах роста и длины тела. На основании полученных данных установлено, что между удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани и длиной тела хищных рыб имеет место достоверная корреляционная зависимость, которая может быть использована для проведения экспресс-оценки.

### Список литературы

1 Радиоактивные выбросы Чернобыльской аварии / С. Т. Беляев [и др.] // Процедура семинара, по сравнительной оценке, влияния на окружающую среду радионуклидов, выброшенных в атмосферу ввремя трех крупник ядерных аварий: Крыштым, Виндскайл, Чернобыль КЕС, ЕГК-13574. – 1990. – С. 71–91.

2 Брюзгин, В. Л. Методы изучения рыб по чешуе, костям и отолитам / В. Л. Брюзгин. – Киев : Наук. думка, 1969. – 187 с.

3 Методика комплексной оценки состояния сообществ и популяций, доминирующих млекопитающих, амфибий и рыб / С. Н. Гашев [и др.]. – Тюмень : ТюмГУ, 2005. – 94 с.

4 Гулаков, А. В. Динамика поглощенной дозы внутреннего облучения мышечной ткани дикого кабана от  $^{137}\text{Cs}$ , обитающего в условиях Полесского радиационно-экологического заповедника / А. В. Гулаков, Д. Н. Дроздов // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. Сер. : Естественные науки. – 2019. – № 6 (117). – С. 29–34.

5 Жуков, П. И. Справочник по экологии пресноводных рыб / П. И. Жуков – Минск : Наука и техника, 1988. – 310 с.

6 Иванцов, Д. Н. Зависимость накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  от пола рыб, обитающих на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / Д. Н. Иванцов // Международная юбилейная научно-практическая конференция, посвященная 90-летию Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины (Гомель, 19–20 ноября 2020 г.) : материалы : в 3 ч. Ч. 2 / Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины ; редкол. : С. А. Хахомов (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2020. – С. 235–238.

7 Иванцов, Д. Н. Зависимость накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  от массы рыб / Д. Н. Иванцов // Географические аспекты устойчивого развития регионов [Электронный ресурс]: IV Международная научно-практическая конференция (Гомель, 27–29 мая 2021 года) : сборник материалов / М-во. образования. Республики Беларусь, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины, Воронежский гос. ун-т, Гомельский обл. отдел обществ. об-ния «Белорусское геогр. о-во», Российский центр науки и культуры в Гомеле; редкол. : А. И. Павловский (гл. ред.) [и др.]. – Электрон. текст данные (74,2 МБ). – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2021. – С. 376–380.

8 Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленная для МАГАТЭ // Атомная энергия, 1986. – Т. 61. Вып. 5. – С. 301–320.

9 Кузьменко, М. І. Техногенні радіонукліди у прісноводних екосистемах / М. І. Кузьменко, Д. І. Гудков, С. І. Кіреєв – Київ : Наукова думка, 2010. – 263 с.

10 Кудин, М. В. Радиационная обстановка белорусского сектора зоны отчуждения Чернобыльской АЭС и её актуализация / М. В. Кудин, А. С. Казаков, О. В. Зубок // Радиозэкологические последствия радиационных аварий – к 35-ой годовщине аварии на ЧАЭС: сборник докладов международной научно-практической конференции, Обнинск, 22–23 апреля 2021 г. / под ред. чл. -корр. РАН Н. И. Санжаровой, д. т. н. В. М. Шершакова. – Обнинск : ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2021. – С. 272–274.

11 Лакин, Г.Ф. Биометрия. / Г.Ф. Лакин. – Москва : Высшая школа, 1990. – 346 с.

12 Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин – Москва : Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

13 Радиоактивное загрязнение природных сред в зоне аварии на Чернобыльской АЭС / Ю. А. Израэль [и др.] // Метеорология и гидрология, 1987. – № 2. – С. 5–18.

14 Радиоактивное загрязнение территории Беларуси (в связи с аварией на ЧАЭС) / В. И. Парфенов [и др.] : под общ. ред. В. И. Парфенова и Б. И. Якушева. – Минск : Наука и техника, 1995. – 582 с.

15 Рябов, И. Н. Радиозэкология рыб водоемов в зоне влияния аварии на Чернобыльской АЭС / И. Н. Рябов. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 215 с.

D. N. Ivantsou <sup>1</sup>, A. V. Gulakov <sup>2</sup>, D. N. Drozdov <sup>2</sup>

### DEPENDENCE OF <sup>137</sup>Cs ACCUMULATION ON COMMERCIAL LENGTH OF PREDATORY FISH SPECIES

<sup>1</sup>State Environmental Research Institution “Polesie State Radiation-Ecological Reserve”,  
Khoyniki, Gomel Region, Republic of Belarus,  
ivantsou@mail.ru

<sup>2</sup>Francisk Skorina Gomel State University,  
Gomel, Republic of Belarus,  
Gulakov@gsu.by, Drozdov@gsu.by

*Abstract. The work presents the results of the analysis of the dependence of the accumulation of <sup>137</sup>Cs on the commercial length of predatory fish species living on the Pripjat River within the borders of the Polesky State Radiation-Ecological Reserve.*

*Keywords: ichthyofauna, radioactive contamination, <sup>137</sup>Cs, commercial length.*

УДК 004. 65:577. 34:59

Д. Н. ИВАНЦОВ

### БАЗА ДАННЫХ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЖИВОТНЫХ

Полесский государственный радиационно-экологический заповедник,  
г. Хойники, Республика Беларусь,  
ivantsou@mail.ru

*В работе представлена структура и описание базы данных радиологических исследований животных, изъятых на территории белорусского сектора зоны отчуждения в период 1997-2020 гг. Всего в базу данных внесено более 23 000 записей удельной активности радионуклидов в биологических образцах органов и тканей 6387 особей 122 видов животных.*

*Ключевые слова: ионизирующее излучение, радиоактивное загрязнение, база данных, животные.*