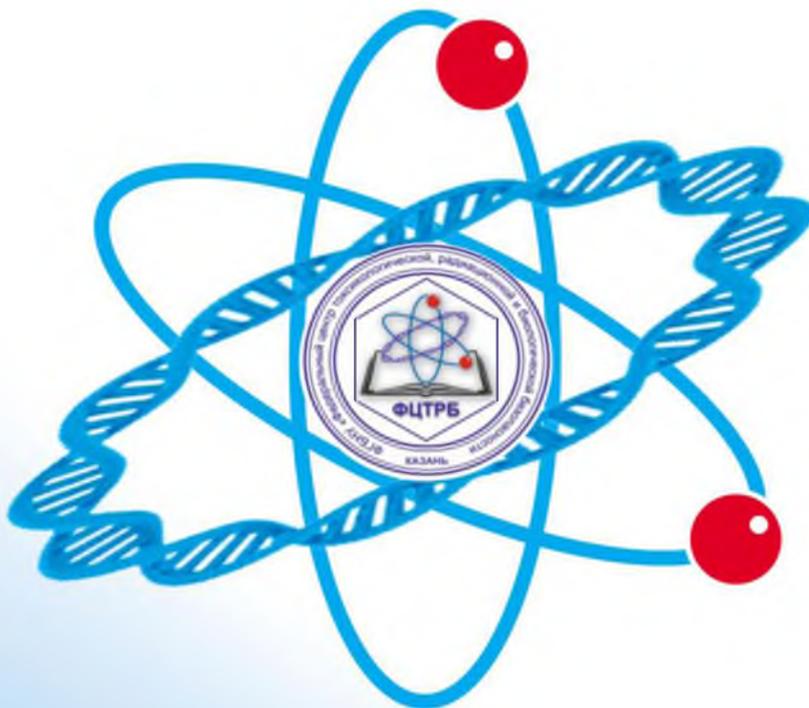


**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент ветеринарии
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный центр токсикологической, радиационной
и биологической безопасности»**



**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВЕТЕРИНАРНОЙ
РАДИОБИОЛОГИИ, АГРОЭКОЛОГИИ И РАДИАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ В АПК**

**Сборник материалов
Третьей Международной научно-практической конференции,
посвящённой 95-летию со дня рождения профессора В.А. Киршина**

Казань, 12 октября 2023 г.

**Казань
2023**

УДК 619:616-001.28/.29

ББК 48.66

Редакционная коллегия:

*Мингалеев Д.Н., Василевский Н.М., Зайнуллин Л.И.,
Семенов Э.И., Фролов А.В., Майорова Е.Н., Низамов Р.Н.,
Вагин К.Н., Рахматуллина Г.И., Вафин Ф.Р., Галлямова М.Ю.*

Рецензенты:

Медетханов Ф.А. – доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой фармакологии, токсикологии и радиобиологии ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана»

Рыжкин С.А. – доктор медицинских наук, заведующий кафедрой радиотерапии и радиологии им. академика А.С. Павлова, начальник управления ДПО, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России

Кадиков И.Р. – доктор биологических наук, заведующий лабораторией техногенных экотоксикантов, ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»

Актуальные проблемы ветеринарной радиобиологии, агроэкологии и радиационных технологий в АПК: сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции, посвящённой 95-летию со дня рождения профессора В.А. Киршина «Актуальные проблемы радиобиологии, агроэкологии и радиационных технологий в АПК», Казань, 12 октября 2023 г. Казань, ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», 2023. – 270 с.: ил.

ISBN 978-5-6047892-6-1

В сборнике представлены материалы Третьей Международной научно-практической конференции, посвящённой 95-летию со дня рождения профессора В.А. Киршина «Актуальные проблемы ветеринарной радиобиологии, агроэкологии и радиационных технологий в АПК» по следующим направлениям: теория, методика и практика в области радиобиологии, радиоэкологии и радиационной безопасности; тенденции исследований и векторы развития в области радиобиологии, радиоэкологии и радиационной безопасности; радиационные технологии в АПК и ветеринарии.

Ответственность за соблюдение законов об интеллектуальной собственности, достоверность приведенных сведений несут авторы публикуемых материалов. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на сборник материалов обязательна.

© ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», 2023

© Авторы, 2023

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МОЩНОСТИ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НА ИХТИОФАУНУ ОБЬ-ИРТЫШСКОЙ РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Коржавин А.В., Городецкий В.Г.

Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Аннотация. В статье представлена сравнительная оценка мощности доз облучения и структура их формирования у референтных видов рыб на участках Обь-Иртышской речной системы, подверженных радиоактивному загрязнению различного генезиса. Так, радиоактивное загрязнение реки Теча произошло в результате прямого сброса радиоактивных отходов с ПО «Маяк» в период 1949 -1952 гг. Реки Ромашка и Томь (правый приток Оби) были загрязнены в результате сброса радиоактивных веществ с Сибирского химкомбината. Северная часть водосборной площади Обь-Иртышской речной системы была загрязнена атмосферными выпадениями радиоактивных веществ в результате испытаний ядерного оружия на Новоземельском полигоне. Показано, что мощность дозы облучения рыбы в реке Теча значительно выше, чем на других участках речной системы, но не превышает безопасный уровень 1 мГр/сут. Более низкие дозовые нагрузки отмечены у ихтиофауны Чернильщиковой протоки р. Томь, несмотря на наличие радиоактивного загрязнения реки Ромашка после сброса ЖРО с Сибирского химкомбината. Это подтверждает, что река Ромашка выполняет барьерную функцию на пути миграции техногенных радионуклидов в Обь - Иртышскую речную систему. Дозовые нагрузки на референтные виды рыб Нижней Оби в 1200 - 1700 раз ниже, чем в Тече и сопоставимы с дозовыми нагрузками в Чернильщиковой протоке. На участках речной системы с высокими уровнями радиоактивного загрязнения (р. Теча, р. Ромашка) у рыб преобладает внешнее облучение. По мере удаления от загрязнённых участков изменяется структура формирования дозовых нагрузок с увеличением доли внутреннего облучения. У рыб Чернильщиковой протоки р. Томь и Нижней Оби дозовые нагрузки в основном обусловлены внутренним облучением за счет Sr-90, доля внешнего облучения составляла от 2 до 34%.

Ключевые слова: Обь-Иртышская речная система, радиоактивное загрязнение, мощность дозы облучения, ихтиофауна.

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ Института экологии растений и животных УрО РАН, направление № 122021000077-6

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE POWER OF THE DOSE LOADS ON THE OB-IRTYSH RIVER SYSTEM ICHTHYOFAUNA.

Korzhasvin A.V., Gorodetsky V.G.

Institute of Plant and Animal Ecology, Russian Academy of Sciences, Ural Branch, Ekaterinburg, Russia

Absattract. The article presents a comparative assessment of the radiation expose power rate and the structure of their formation in reference fish species in the areas of the Ob-Irtysh river system exposed to the radioactive contamination of various origins. Thus, the radioactive contamination of the Techa-river occurred as a result of the direct discharge of the radioactive

wastes from the Mayak PA in the period of 1949 -1952. The Romashka and Tom rivers (the right tributary of the Ob-river) were polluted as a result of the radioactive substances discharge from the Sibirsky chemical plant. The northern part of the drainage area of the Ob-Irtysh river system was contaminated by atmospheric fallout of the radioactive substances as a result of nuclear weapons testing at the Novaya Zemlya test site. It has been shown that the radiation exposure power for fish in the Techa-river is significantly higher than in other parts of the river system, but does not exceed the safe level of 1 mGy/day. The lower dose loads were observed in the ichthyofauna of the Chernilshchikovskaya channel of the Tom-river despite the presence of epy radioactive contamination of the Romashka-river after the discharge of the liquid radioactive wastes from the Sibirsky Chemical Plant. This confirms that the Romashka-river performs a barrier function on the path of the man-made radionuclides migration into the Ob-Irtysh river system. The dose loads on the reference fish species of the Lower Ob are 1200 - 1700 times lower than in Techa and comparable to dose loads in the Chernilshchikovskaya channel. In the areas of the river system with the high levels of radioactive contamination (Techa-river, Romashka-river) the external irradiation predominates in fish. Moving away from the contaminated areas, the structure of the dose loads formation changes with an increase in the proportion of the internal exposure. The dose loads in fish of the Chernilshchikovskaya channel of the Tom and Lower Ob rivers are mainly caused by the internal irradiation due to Sr-90, the external irradiation share ranged from 2 to 34%.

Keywords: Ob-Irtysh river system, radioactive contamination, radiation exposure dose, ichthyofauna.

Financial Support: the work was carried out within the State assignment framework for the FSBI Institute of Plant and Animal Ecology of the Russian Academy of Sciences, Ural Branch, referral No. 122021000077-6

Введение. Обь-Иртышская речная система играет важную роль в экономике Российской Федерации. Обь занимает первое место по площади водосбора среди всех рек России, второе место по длине и третье (после Енисея и Лены) по водоносности. На территории Обского бассейна проживает 22 млн человек, что составляет около 15% от всего населения России. Ихтиофауна Оби представлена 29 видами рыб, 9 из которых имеют промысловое значение. Обь служит для ценных сиговых рыб миграционным путем, а обширная пойма реки является местом нагула молоди всех видов сигов и пеляди, готовящейся к размножению. На реках Обь и Иртыш ведется масштабный промысловый лов рыбы. И вместе с тем, экологическая обстановка в бассейне реки Оби характеризуется как крайне напряженная. В настоящее время наблюдается тенденция уменьшения объемов уловов. Одной из причин сокращения добычи рыбы является загрязнение воды в результате масштабного антропогенного воздействия на реки бассейна [1, 2, 3].

Актуальной проблемой остается радиационное загрязнение рек долгоживущими радионуклидами в результате деятельности предприятий ядерного комплекса, расположенными на территории водосбора этих водных экосистем. Так в 1949—1952 гг., вследствие отсутствия надлежащих технологических систем обращения с жидкими отходами радиохимического производства, с ПО "Маяк" было сброшено 100 ПБк (2.75 млн Ки) радиоактивных отходов в р. Теча, являющуюся частью Обь-Иртышской речной системы. В результате облучению подверглись 124 тыс. человек, проживавших в прибрежной зоне рек Течи и Исети в пределах Челябинской и Курганской областей [4].

В 1993 году в результате аварии на Сибирском химкомбинате (СХК) в окружающую среду поступило 30,9 ТБк активности. На поверхности земли сформировался радиоактивный след длиной более 7 км [5]. До остановки последнего ректора в 2008 году жидкие отходы, содержащие радионуклиды, поступали в р. Ромашка, далее в реку Томь, правый приток Оби. Были загрязнены пойменные почвы и донные отложения [6, 7].

Вся территория водосборной площади Нижней Оби находилась в зоне воздействия атмосферных выпадений радиоактивных веществ в результате испытаний ядерного оружия в 1950–1960-х гг. на полигоне Новая Земля. По некоторым оценкам на водосборную площадь выпало в среднем порядка 0,2 ТБк/км² Cs-137 [8].

Рыбы аккумулируют радионуклиды, полученные как за счет поступления по пищевым цепочкам, так и непосредственно из воды. Биологическое действие радиации на живые организмы определяется величиной поглощенной дозы. Общая дозовая нагрузка формируется за счет внутреннего облучения от радионуклидов, инкорпорированных в тканях и органах рыбы, так и за счет внешнего облучения от радиоизотопов, содержащихся в окружающей среде (вода и донные отложения).

Разные уровни радиоактивного загрязнения, разные источники и пути поступления радиоизотопов в речную экосистему, различный изотопный состав радиоактивных поллютантов, создают разные предпосылки и условия формирования дозовых нагрузок на ихтиофауну ранее загрязненных участков Обь-Иртышской речной системы. Поэтому, мониторинг содержания техногенных радионуклидов в ихтиофауне и других компонентах речной экосистемы, анализ дозовых нагрузок на основные виды рыб и особенностей их формирования, является важной задачей при оценке степени влияния радиационного фактора на ихтиофауну рек.

Целью данной работы является сравнительная оценка мощности доз облучения и особенностей их формирования у референтных видов рыб на участках Обь-Иртышской речной системы, подверженных радиоактивному загрязнению различного генезиса.

Материалы и методы

Для сравнительной оценки доз облучения и особенностей их формирования у референтных видов рыб были выбраны три участка Обь-Иртышской речной системы, подверженные радиоактивному загрязнению различного происхождения и интенсивности:

- река Теча, в которую в 1949 – 1952 гг. ПО «Маяк» осуществлялся сброс жидких радиоактивных отходов;
- река Ромашка и Чернильщикова протока, являющиеся притоками реки Томь, в которые до остановки последнего ректора в 2008 году поступали жидкие отходы с СХК;
- участок Нижней Оби в границах ЯНАО, удаленный от ПО «Маяк» и СХК более чем на две тысячи километров, но расположенный в зоне атмосферных выпадений в результате испытаний ядерного оружия на полигоне Новая Земля.

Для расчета мощности доз облучения биоты на участке Нижней Оби использовалась Европейская компьютерная программа ERICA Tool (<http://www.ERICA-tool.com>) [9,10]. Учитывались масса и размерные характеристики каждого вида рыб, преобладающие в уловах, их образ жизни – доли времени обитания вблизи дна и в толще воды. Исходными данными для расчетов служили содержание радионуклидов Cs-137 и Sr-90 в рыбе, воде и донных отложениях. На основании исходных данных выполнена оценка мощности доз облучения ихтиофауны Нижней Оби.

Для расчетов мощности доз облучения были взяты наиболее характерные для данного участка реки виды рыб:

Окунь речной *Perca fluviatilis* (L., 1758), возраст 2–3 года, питается рыбой, беспозвоночными. Тело сжато с боков.

Пелядь (сырок) *Coregonus peled* (Gmelin, 1789), возраст 2–3 года. Питается зоо- и нектобентосом, зоо- и фитопланктоном. Тело высокое, сжато с боков. Полупроходная рыба.

Плотва *Rutilus rutilus* (L., 1758), возраст 3–5 лет. Питается зоопланктоном, зообентосом, водорослями и гидрофитами. Тело несколько сжато с боков.

Сиг обыкновенный (пыжьян) *Coregonus lavaretus* (L., 1758), возраст 4–6 лет. Питается бентосом и нектобентосом. Тело удлинненное, уплощенное с боков. Полупроходная рыба.

Ряпушка сибирская *Coregonus sardinella* (Valenciennes, 1848), возраст от 4 до 6 лет. Питается преимущественно зоопланктоном. Тело вытянутое, сельдеобразное.

Чир (щокур) *Coregonus nasus* (Pallas, 1776), возраст 5–7 лет. Типичный бентофаг. Тело высокое, уплощенное с боков. Полупроходная рыба.

Щука обыкновенная *Esox lucius* (L., 1758), возраст 3–6 лет. Питается рыбой. Тело удлинненное, торпедообразное, несколько сжатое с боков.

Язь *Leuciscus idus* (L., 1758), возраст 5–7 лет. Питается зообентосом. Тело умеренно удлинненное, овальное.

При расчетах для каждого вида рыбы учитывался вес, преобладающий в уловах. Размеры осей аппроксимирующего эллипсоида подбирали таким образом, чтобы объем эллипсоида был равен объему рыбы, при условии, что её плотность равна плотности воды. Соотношения между размерами осей эллипсоида выбирали с учетом основных размерно-весовых характеристик тела выбранного вида рыбы (масса, длина, высота, ширина).

Для проведения сравнительной оценки полученных нами результатов мощности доз облучения у рыб Нижней Оби с аналогичными данными на реках Теча, Ромашка и Чернильщикова протока, были использованы данные других авторов, опубликованные в материалах [11, 13, 14].

Результаты исследований Река Обь в границах ЯНАО

В таблице 1 представлены результаты расчета дозовых нагрузок на основные виды рыб Нижней Оби в границах ЯНАО по результатам исследований 2014-2017 гг.

Таблица 1 – Мощность доз облучения и критерии формирования общей дозы у основных видов рыб

Вид	Мощность дозы, нГр/сут	Доля внутренней дозы облучения, %	Доля внешней дозы облучения, %
Окунь	93	95	5
Пелядь	190	96	4
Плотва	63	86	14
Пыжьян	136	90	10
Ряпушка	57	66	34
Щокур	66	86	14
Щука	124	98	2
Язь	99	88	12
Среднее	104	88	12

Показано, что мощность дозы облучения у референтных видов рыб Нижней Оби колеблется в пределах от 57 (ряпушка) до 190 нГр/сут (пелядь). Средний показатель по 8 видам рыб составил 104 ± 45 нГр/сут. Выше среднего показателя дозовые нагрузки у пеляди, пыжьяна и щуки. Ниже среднего, соответственно, у ряпушки, плотвы, щокура, окуня и язя.

Установлено, что общая дозовая нагрузка на рыб р. Обь в границах ЯНАО в значительной степени была сформирована за счет внутреннего облучения, а основным дозообразующим элементом являлся Sr-90. Доля Cs-137 в формировании суммарной дозы облучения составляла от 2 до 34% (в среднем - 12%). Наиболее высокая доля внутреннего облучения отмечена у щуки – 98%, пеляди – 96% и окуня – 95%. Хищные виды рыб, такие

как щука и окунь, являются конечным звеном в трофической пищевой цепи, поэтому поступление в их организм Sr-90 происходит из тканей поедаемых ими рыб, в том числе костной ткани, где в основном депонируется Sr-90. Источником поступления радиоизотопов для пеляди является зоо- и фитопланктон, который также способен накапливать радиоактивные элементы из воды.

Река Теча

Как уже упоминалось выше, в 1949–1952 гг. Производственным объединением «Маяк» в р. Теча было сброшено 100 ПБк радиоактивных отходов, в том числе 11,6 ПБк Sr-90 и 12,2 ПБк Cs-137, в результате чего экосистема реки подверглась масштабному радиоактивному загрязнению. В настоящее время, содержащиеся в донных отложениях и почве затопляемой поймы долгоживущие радионуклиды являются основными источниками облучения ихтиофауны.

В таблице 2 показаны результаты оценки суммарной мощности дозы облучения у рыб в р. Теча в период 2012-2013 гг. в зависимости от расстояния от прежнего места сброса жидких радиоактивных отходов (ЖРО), опубликованные в работе [11].

Таблица 2 – Средние надфоновые мощности доз для рыб р. Течи, (мкГр/сут)

Вид рыбы	Расстояние от места сброса ЖРО		
	33 км	109 км	212 км
Окунь	124	11	4
Плотва	108	16	9
Щука	150	9	3

По данным авторов указанной работы, дозовая нагрузка на рыбу реки Теча находится в прямой зависимости от расстояния от места прежнего выпуска ЖРО. Так на отрезке протяженностью 179 км (с 33 по 212 км) мощность дозы облучения у окуня уменьшается в 31 раз (с 124 до 4 мкГр/сут), у плотвы – в 12 раз (с 108 до 9 мкГр/сут), у щуки – в 50 раз (с 150 до 3 мкГр/сут). Но при этом, не смотря на относительно высокие значения, дозовые нагрузки на ихтиофауну в реке Теча не превышали безопасный уровень в 1 мГр/сут, рекомендуемый Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ) [12]. На расстоянии 33 км от места сброса ЖРО мощность дозы облучения на рыб была в 7 - 9 раз ниже безопасного уровня. С увеличением расстояния вниз по течению реки эта разница увеличивается и на расстоянии 212 км от места сброса дозовые нагрузки у рыб были уже в 110 – 330 раз ниже допустимого значения. По сравнению с результатами, полученными нами на Нижней Оби, находящейся от места сброса ЖРО на расстоянии более 2000 км, дозовые нагрузки у аналогичных видов рыб в 1200 - 1700 раз ниже, чем в верховье Течи, и на четыре - пять порядков величин ниже, чем рекомендуемый безопасный уровень.

В таблице 3 представлены результаты оценки соотношения внутренней и внешней доз облучения у плотвы в зависимости от расстояния от места выпуска ЖРО в 1949–1952 гг., выполненные на основе данных работы [13].

Таблица 3 – Доля внутреннего и внешнего облучения у плотвы р. Теча

Расстояние, км	Внутреннее облучение, %	Внешнее облучение, %
33	18	82
109	76	24
212	92	8

На примере плотвы показано, что в верховье Течи, где высокий уровень радиоактивного загрязнения, мощность дозы облучения у рыб в основном формируется за счет внешних факторов. По мере удаления от места сброса ЖРО постепенно возрастает доля внутреннего облучения.

Авторы статьи отмечают, что источниками внутреннего облучения в среднем и нижнем течении р. Теча являются инкорпорированные в организм рыбы радионуклиды [13]. Внешним источником главным образом является γ -излучающий Cs-137, находящийся в донных отложениях и воде.

На участке реки, протяженностью 179 км, мощность дозы внутреннего облучения у плотвы увеличивалась с 18 % до 92%, что вполне согласуется с результатами, полученными нами для плотвы Нижней Оби в границах ЯНАО – 86%.

Реки Ромашка и Чернильщикова протока р. Томь

Жидкие радиоактивные сбросы комбината через сбросной канал и р. Ромашка поступали в р. Томь, и далее в гидрологическую систему р. Обь. После остановки последнего реактора в 2008 году поступление радионуклидов в поверхностные водоёмы, расположенные в районе СХК, существенно снизилось [14]. Однако радиоактивные сбросы, осуществлённые в прошлом, привели к накоплению радионуклидов в донных отложениях и почве затопляемой поймы [15].

В таблице 4 приведены данные оценки дозовых нагрузок на референтные виды рыб в период 2009 - 2010 гг. в реках Ромашка и Чернильщикова протока р. Томь, опубликованные в работе [14].

Таблица 4 – Расчётные значения средней мощности дозы облучения биоты, (нГр/сут)

Референтный объект биоты	Внутреннее облучение	Внешнее облучение	Суммарное облучение
р. Ромашка			
Рыба (пелагическая)	240	142	384
Рыба (придонная)	240	552	792
Чернильщикова протока р. Томь			
Рыба (пелагическая)	22,08	17,52	40,8
Рыба (придонная)	22,08	17,28	40,8

Из приведенных данных следует, что донные отложения р. Ромашка, в которую в свое время поступали ЖРО, являются источником внешнего облучения ихтиофауны реки, особенно придонных видов рыбы. Доля внешнего облучения у придонных рыб почти в 4 раза выше, чем у пелагических, а общая дозовая нагрузка у донных рыб выше в 2 раза.

По мере удаления от места сброса ЖРО существенно снижается общая дозовая нагрузка на ихтиофауну и изменяется структура ее формирования. Так, в Чернильщикова протока р. Томь суммарная доза облучения у пелагических видов рыб снизилась в 9,4 раза, у придонных - в 19,4 раза. При этом у обоих видов рыб суммарная дозовая нагрузка стала одинаковой и равна 40,8 нГр/сут. Это говорит о том, что внешние факторы в р. Томь уже не оказывают решающего значения на формирование дозы облучения и все виды рыб, не зависимо от места обитания, находятся в одинаковых условиях. Более существенную роль играет фактор внутреннего облучения за счет инкорпорированных в организме радионуклидов и в первую очередь Sr-90.

В количественном отношении дозовые нагрузки ихтиофауны Чернильщикова протоки р. Томь оказались даже ниже аналогичных показателей Нижней Оби по всем видам рыб, не смотря на наличие радиоактивного загрязнения реки Ромашка после сброса ЖРО с Сибирского химкомбината. Научная значимость данного факта заключается в том,

что река Ромашка по отношению к реке Томь, которая, в свою очередь, является правым притоком реки Обь, выполняет барьерную функцию на пути миграции техногенных радионуклидов в Обь - Иртышскую речную систему.

Заключение

1. Из трех участков Обь-Иртышской речной системы более высокие дозовые нагрузки отмечены у референтных видов рыб реки Теча, которая подверглась масштабному радиоактивному загрязнению в результате сброса с ПО «Маяк» в период 1949 -1952 гг. жидких радиоактивных отходов. Отмечено, что мощности доз облучения у ихтиофауны реки находятся в прямой зависимости от расстояния от места прежнего выпуска ЖРО. Наиболее высокие дозы облучения (108-150 мкГр/сут) отмечены в точке, удаленной на 33 км от места прежнего выпуска ЖРО. Ниже по течению на расстоянии 212 км от места сброса дозовые нагрузки у рыб снижались в 12 – 50 раз. По мере удаления от места сброса ЖРО изменяется структура формирования дозовых нагрузок с внешнего облучения на внутреннее. При этом мощность доз облучения у рыб на всем протяжении р. Теча не превышала безопасный уровень в 1 мГр/сут, рекомендуемый Международной комиссией по радиологической защите.

2. Более низкие дозовые нагрузки отмечены у ихтиофауны Чернильщиковой протоки р. Томь. Это подтверждает, что река Ромашка по отношению к реке Томь, которая, в свою очередь, является правым притоком реки Обь, выполняет барьерную функцию на пути миграции техногенных радионуклидов в Обь - Иртышскую речную систему.

3. Мощности доз облучения на референтные виды рыб Нижней Оби были в 1200 - 1700 раз ниже, чем в верховье Течи и сопоставимы с дозовыми нагрузками в Чернильщиковой протоке р. Томь. В значительной степени дозовые нагрузки были сформированы за счет внутреннего облучения, а основным дозообразующим элементом являлся Sr-90. Более высокая доля внутреннего облучения отмечена у хищных видов рыб (щука, окунь) в результате накопления в их организме Sr-90 из тканей поедаемых ими рыб.

Литература

1. Экология Ханты-Мансийского автономного округа /Под ред. В.В.Плотникова. – Тюмень: СофтДизайн, 1997. 288 с.
2. Шмыглева А.В. Экологическая драма рек Обь-Иртышья / А.В.Шмыглева // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. – 2021 – № 6 (75). – С. 108 – 114.
3. Колончин К.В. Рыбный промысел во внутренних водоемах: экономический и социальный аспекты развития / К.В. Колончин // Экономика, Труд, Управление в сельском хозяйстве. – 2021. – №9 (78). – С. 101-119.
4. Заключение комиссии по оценке экологической ситуации в районе деятельности ПО "Маяк", организованной распоряжением Президиума АН СССР № 1140-501 // Радиобиология, 1991, Т.31, вып. 3, С. 436-452.
5. Алексахин Р.М. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Р.М. Алексахин Л.А. Булдаков, В.А. Губанов, Е.Г. Дрожко, А.А. Ильин, И.И. Крышев, И.И. Линге, Г.Н.Романов М.Н. Савкин, М.М. Сауров, Ф.А. Тихомиров, Ю.Б. Холина. – Москва: ИздАТ. – 2001. – 752 с.
6. Никитин А.И. Современное содержание долгоживущих искусственных радионуклидов в реках Томь и Обь в зоне влияния сбросов Сибирского химического комбината / А.И. Никитин, И.И. Крышев, Н.И. Башкиров, Н.К. Валетова, Г.Е. Дунаев, А.И.

Кабанов, И.Ю. Катрич, А.О. Крутовский, В.А. Никитин, Г.И. Петренко, А.М. Полухина, Г.В. Селиванова, В.Б. Чумичев, В.Н. Шкуро // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2010. – №3. – С. 66–76.

7. Экология рыб Обь-Иртышского бассейна / под ред. Д.С. Павлова, А.Д. Мочека. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. – 596 с.

8. Семенков И.Н. Обская макроарена как источник загрязнения Карского моря цезием 137 глобальных выпадений / И.Н. Семенков, А.Ю. Мирошников, Э.Э. Асадулин, А.А. Усачева, член-корреспондент РАН В.И. Величкин, академик РАН Н.П. Лаверов // Доклады академии наук. – 2015. – Т. 463. – № 1. – С. 99–101.

9. Brown J.E. The ERICA tool / J.E. Brown, B. Alfonso, R. Avila, N.A. Beresford, D. Copplestone, G. Pröhl, A. Ulanovsky // J. Environment. Radioactivity. – 2008. V. 99 (9). – P. 1371 – 1383.

11. Brown J. A new version of the ERICA tool to facilitate impact assessments of radioactivity on wild plants and animals / J.E. Brown, B. Alfonso, R. Avila, N.A. Beresford, D. Copplestone, A. Hosseini // J. Environment. Radioactivity. – 2016. – V. 153. – P. 141 – 149.

12. Тряпицына Г.А. Реакция эритропоза на трипаносомную инвазию у рыб, обитающих в радиоактивно загрязненной реке Теча / Г.А. Тряпицына, Е.А. Пряхин, Д.И. Осипов, Е.А. Егорейченков, Г. Рудольфсен, Х.-К. Тейен, М. Сневе, А.В. Аклеев // Радиационная биология. Радиозэкология. – 2019. – Т. 59. – № 1. – С. 82–93.

13. Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108. – Ann, ICRP. – 2008. – V. 38. – № 4-6. – 242 p.

14. Тряпицына Г.А. Оценка состояния эритропоза у плотвы (*Rutilus rutilus*) радиоактивно загрязненной реки Теча / Г.А. Тряпицына, Д.И. Осипов, Е.А. Егорейченков, Е.А. Шишкина, Г. Рудольфсен, Х.-К. Тейен, М. Сневе, Е.А. Пряхин, А.В. Аклеев // Радиационная биология. Радиозэкология. – 2017. – Т. 57. – № 1. С. 98–107.

15. Лунёва К.В. Современные дозовые нагрузки на население и речную биоту в районе расположения Сибирского химического комбината (2000-2010 гг.) / К.В. Лунёва, А.И. Крышев, А.Ю. Пахомов, И.А. Пахомова // Радиация и риск. – 2012. – Т. 21. – № 4 – С. 24 – 30)

16. Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России / И.И. Крышев, Е.П. Рязанцев. – М.: ИздАТ. – 2010. – 495 с.