

## НАКОПЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ЦЕЗИЯ-137 В ОРГАНИЗМЕ РЫБ, ОБИТАЮЩИХ В ВОДОЕМАХ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ

**А.В. ШАШКО<sup>1</sup>, Л.Н. ШАШКО<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Полесский государственный университет,*

*г. Пинск, Республика Беларусь,*

<sup>2</sup>*Брестский филиал РНИУП «Институт радиологии,*

*г. Пинск, Республика Беларусь*

Работы по изучению загрязнения рыб радиоактивными веществами по своей направленности можно разделить на две группы. Одна из них посвящена изучению поступления, накопления и перераспределения радиоактивных веществ в организме рыб, а так же выведения их из органов и тканей рыб, другая – вопросам биологического действия радиации на организм рыб.

Загрязнение рыб происходит путем непосредственной адсорбции радиоактивных веществ поверхностью тела, через пищу и в результате других обменных процессов между организмом и окружающей средой. Во внутренние органы рыб радиоактивные элементы проникают через кожу, жабры и ротовую полость.

Одним из важных источников заражения рыб является передача радиоактивных веществ по пищевым цепям. Молодь большинства рыб и многие взрослые рыбы питаются планктоном, который способен накапливать радионуклиды до концентраций в сотни и тысячи раз больших, чем в окружающей воде. Поэтому при малом содержании радиоактивных веществ в воде поступление их в организм рыб обуславливается в первую очередь загрязненной пищей. При нахождении в воде, загрязненной радиоактивными веществами, рыбы получают внешнее облучение. Адсорбированная на поверхности их тела активность создает облучение организма. В свою очередь радиоактивные вещества, накапливающиеся в органах и тканях, создают внутренний источник облучения [4].

Радионуклиды так же, как и все стабильные нуклиды, поступают в тело гидробионтов через пищеварительный тракт, жаберный аппарат и покровные ткани. Интенсивность усвоения организмом радионуклидов во многом определяется степенью физико-химического тождества их со стабильными нуклидами, необходимыми для оптимального функционирования бионта, а также агрегатным состоянием, концентрацией в воде, функциональным состоянием организма и т. п. Живые организмы усваивают нуклиды одного элемента практически в равной степени, так как по химическим свойствам они тождественны.

Интенсивность поступления в организм радионуклида в существенной мере зависит от пути его проникновения. Радиоактивные вещества, содержащиеся в твердых частицах, гидробионтами практически не усваиваются. В отличие от этого радионуклиды, находящиеся в ионном состоянии, поглощаются гидробионтами интенсивно [3].

Освобождение организма рыб от радиоизотопов идет несколькими путями: смыванием с поверхности тела, удалением с продуктами обмена, а также в результате распада радиоизотопов [4].

Накопление радиоактивных веществ органами и тканями рыб, а также распределение и выделение их зависит от целого ряда условий, основными из которых являются: химическая природа радиоизотопов и периоды их полураспада, концентрация радиоизотопов в воде, вид, возраст и физиологическое состояние рыб, экологические условия. Ход направленности обменных реакций в организме рыб определяется соотношением между процессами накопления и выведения радиоизотопов организмом.

Кумуляция радиоизотопов органами и тканями рыб зависит от концентрации этих радиоизотопов в воде и времени пребывания в ней рыб. Чем выше степень радиоактивности воды, тем больше степень загрязненности рыб.

При однократном загрязнении рыб даже большими количествами радиоизотопов накопление их в организме бывает незначительным. При длительном же загрязнении низкими концентрациями радиоизотопы могут накапливаться в организме в больших количествах.

Наиболее интенсивная кумуляция радиоактивных веществ происходит в первые сутки. При равности процессов поступления и выведения радиоактивных элементов через 2 – 3 месяца

наступает предельное накопление радиоизотопов органами и тканями. При достижении предела накопления радиоактивных веществ организмом дальнейшая кумуляция прекращается.

Молодые и быстрорастущие рыбы кумулируют радиоизотопы быстрее и в относительно больших количествах, чем рыбы среднего и старого возраста. У донных рыб накопление радиоизотопов идет быстрее, чем у пелагических. Таким образом, экологические условия и физиологическое состояние рыб играют значительную роль в загрязнении их радиоактивными веществами [4]. Изучение накопления цезия-137 водными организмами в природных условиях связано с количественной оценкой и прогнозированием перехода искусственных радионуклидов из внешней среды в живые организмы. В настоящее время наиболее интересны исследования в естественных условиях, так как они позволяют получить реальные количественные показатели миграционного переноса радионуклидов в те или иные элементы экосистемы.

Многочисленными исследованиями в природе установлено, что уровни накопления рыбами радионуклидов находятся в обратной зависимости от минерализации водоемов и содержания в воде их химических аналогов [1].

Существенно влияют на накопление радионуклидов в теле рыб сезонная смена года и температура воды: чем выше температура, тем активнее откладываются радионуклиды. При одновременном загрязнении радионуклидом воды и корма накопление в тканях рыбы обычно выше, чем в случае его поступления только с кормом.

Накопление радионуклидов в тканях во многом зависит от физиологической активности рыбы: чем активнее ее образ жизни и чем она моложе, тем, как правило, больше откладывается в ее тканях радионуклидов. Интенсивность накопления радионуклидов у рыб подвержена так же видовым колебаниям [3].

Авария на Чернобыльской АЭС привела к ухудшению экологической обстановки в Брестской области. Наиболее пострадали от радиации Пинский, Луинецкий и Столинский районы. Радиоактивному загрязнению подверглись обширные площади лесных массивов и сельскохозяйственных угодий, что по-прежнему представляет серьезную проблему для населения, проживающего на загрязненной территории. В настоящее время, когда радиационная обстановка стабилизировалась, наиболее опасным для человека продолжает оставаться цезий-137. Реальная опасность радиационного воздействия на человека существовала и остается до настоящего времени из-за постоянного потребления в пищу лесных грибов и ягод, дичи, рыбы, выловленной в реках и озерах, расположенных на загрязненных радионуклидами территориях.

Основной водной артерией в загрязненных радионуклидами районах Брестской области (Столинском, Пинском и Луинецком) является река Припять со своими притоками: реками Ствига, Льва, Стырь, Стоход, Пина, Ясельда, Бобрик, Цна, Смердь, Лань. Реки Полесья имеют типичный болотистый характер. Течение рек медленное, дно рек торфянистое, вязкое. Наиболее значимым вторичным источником загрязнения водных экосистем были паводки, приводившие к смыву с водосборных площадей, загрязненных радионуклидами, частиц грунта и радиоактивных продуктов обмена веществ.

Уровень загрязнения рек и большинства озер радионуклидами в настоящее время низкий. Однако в некоторых замкнутых озерах, из которых нет стока, поверхностный сток с загрязненных территорий привел, за счет смыва радионуклидов с водосборных территорий, к повышению концентраций радионуклидов в донных отложениях и биоте. Вода водоемов содержит относительно небольшое количество радионуклидов и исполняет роль экрана, который препятствует выносу радионуклидов из донных отложений. Радионуклиды, попавшие в реки и озера, осели на дно, но поскольку водные растения и беспозвоночные животные обладают способностью легко накапливать растворимые в воде минеральные вещества, в том числе и попавшие в водоемы радионуклиды, часть их, главным образом цезий-137 и стронций-90, концентрируется в гидробионтах: личинках насекомых, зоо- и фитопланктоне, водорослях, моллюсках.

На территории Столинского, Пинского и Луинецкого районов имеется значительное количество озер и искусственных водохранилищ, которые богаты рыбой (ихтиофауна представлена примерно 50 видами, в озерах в большом количестве встречаются речные раки).

Загрязнение рыб происходит путем непосредственной адсорбции радиоактивных веществ поверхностью тела, в результате обменных процессов между организмом и окружающей средой. Во внутренние органы рыб радиоактивные элементы проникают через кожу, жабры и ротовую полость. В основном, в организм рыб радионуклиды попадают по пищевой цепочке.

Многие виды рыб, обитающие в водоемах Полесья, питаются планктоном, который даже при низких уровнях радиации накапливает радионуклиды в значительных количествах, таким образом являясь источником загрязненной радионуклидами пищи для растительноядных рыб. Питаясь загрязненной пищей, рыбы накапливают в теле в 2-3 раза больше цезия-137, чем его содержится в корме. В свою очередь хищные рыбы, поедая загрязненные радионуклидами мирные виды рыб и своих же мелких соплеменников, тоже становятся источниками радиации. Рыбы, которые питаются донными животными, накапливают гораздо больше радиоактивных веществ, чем пелагические рыбы.

Радионуклиды, поступившие в организм рыб, концентрируются в зависимости от своих химических свойств в различных органах и тканях. Цезий-137, сходный по химическому составу с калием, концентрируется в мышцах рыб и моллюсков, а стронций-90, являющийся аналогом кальция, накапливается в костной ткани рыб и в раковинах моллюсков. Отличаются эти радионуклиды и по скорости выведения из организма, значительно медленнее выводится стронций-90, локализованный в костной ткани рыб и раковинах, цезий-137 сравнительно быстро выводится из мышц. Таким образом, рыбы, загрязненные радиоизотопами, могут стать опасными источниками заражения других животных, в том числе и человека.

Начиная с 2004 года, Брестским филиалом РНИУП «Институт радиологии» были проведены измерения удельной активности цезия-137 в рыбе, обитающей в водоемах Пинского, Лунинецкого и Столинского районов. Результаты исследований свидетельствуют о наличии цезия-137 в рыбе, обитающей в водоемах, расположенных на загрязненных радионуклидами территориях.

Наиболее загрязнена цезием-137 рыба, обитающая в озере Б. Засоминое и в реке Льва Столинского района (табл. 1). Уровень накопления цезия-137 в рыбе, выловленной в этих водоемах, превышает в несколько раз допустимые уровни (РДУ-99 содержания цезия-137 в речной рыбе 370 Бк/кг). В частности, у окуня (*Perca fluviatilis L.*), выловленного в озере Засоминое Столинского района, удельная активность цезия-137 превышает РДУ-99 в 6,5 раз, у щуки (*Esox lucius*) – в 3,5 раза, у сома (*Silurus glanis*) – в 2,9 раза, даже у плотвы (*Rutilus rutilus*), выловленной в озере Засоминое и в реке Льва, в 2-3 раза превышает РДУ-99 (табл. 1). Рыба, выловленная в реках, протекающих на загрязненных цезием-137 территориях, а также в искусственных водохранилищах, содержит цезий-137 значительно меньше, чем рыба, выловленная в озерах, расположенных на территории естественных экосистем (леса, луга).

Таблица 1 – Максимальная удельная активность цезия-137 (Бк/кг) в пресноводной рыбе, обитающей в водоемах, загрязненных радионуклидами районов Брестской области

Водоемы	Столинский район		Пинский район					Лунинецкий район					Ивановский район	
	Засоминое	р. Льва	Богатыревское	Кончицкое	Семиховичское	водохр. Погост	Р. Ясельда	Велуга	Вулька	Белое	Межлесье	р. Припять	оз. Белое	Безьянное
Щука	1287		170	103		35	22				390	14	380	300
Сом	1085									179				
Окунь	2414		234	460		36		67	229		42			
Лещ				105			15	17						
Ерш						17		84						
Линь			112	30				66		27		13	60	40
Налим		84												
Канальный сом					225								179	
Красноперка			79											20
Карась		842	106	104		8			403	107	13	7	107	107
Плотва	1193	719	179	88	13	16	6	9			120			
Карп												10		
Рак				132					419					

Как видно из таблицы 1, существуют различия в уровнях накопления у разных видов рыб, обитающих в одном водоеме. Наиболее загрязнены цезием-137 хищные виды рыб, такие как окунь, щука, сом. Уровень накопления радиоцезия в организмах этих видов рыб в зависимости от места лова изменялся у окуня от 42 до 2414 Бк/кг (сырая масса), у щуки - от 14 до 1287 Бк/кг, у сома Бк/кг – 179 - 1085 Бк/кг. Наименее загрязнены карп (*Cyprinus carpio*), красноперка (*Scardinius erythrophthalmus*), налим (*Lota lota*), линь (*Tinca tinca*).

На основании этих результатов можно составить следующий перечень местных видов рыб, ранжированный по возрастанию среднего уровня содержания цезия-137 в организме рыб: карп (*Cyprinus carpio*), красноперка (*Scardinius erythrophthalmus*), налим (*Lota lota*), лещ (*Abramis brama*), линь (*Tinca tinca*), ерш (*Gymnocephalus cernuus*), канальный сом (*Ictalurus punctatus*), рак (*Astacus astacus*), карась (*Carassius carassius carassius*), плотва (*Rutilus rutilus*), сом (*Silurus glanis*), щука (*Esox lucius*) и окунь (*Perca fluviatilis L.*) (таблица 2). Можно отметить, что содержание радионуклидов у крупных видов больше, чем у мелких экземпляров того же данного вида, особенно это ярко выражено у хищных рыб.

Таблица 2 – Перечень местных видов рыб, ранжированный по возрастанию среднего уровня содержания <sup>137</sup>Cs (Бк/кг) в их организме

Вид рыбы	Max, Бк/кг	Min, Бк/кг	Средн., Бк/кг	Место по возрастанию
Карп	10	10	10	1
Красноперка	79	20	49,5	2
Налим	84	17	50	3
Лещ	105	15	60	4
Линь	112	13	62	5
Ерш	84	84	84	6
Канальный сом	225	179	202	7
Рак	419	132	275	8
Карась	842	7	424	9
Плотва	1193	13	603	10
Сом	1085	179	632	11
Щука	1287	14	650	12
Окунь	2414	36	1225	13

Любителям рыбной ловли необходимо взять себе на заметку, что рыбу следует ловить только в проточных водоемах, например, в реках, а также в искусственно созданных водохранилищах, где для выращивания растительных рыб используют чистые корма. В водоемах, которые находятся на загрязненных территориях, и особенно лесных, где сохраняется более высокая концентрация радионуклидов, ловить рыбу, и прежде всего сома, щуку и окуня, не следует. При приготовлении рыбы, выловленной в водоемах, расположенных на загрязненной радионуклидами территории, необходимо следовать правилам: первое и основное правило – проверять улов в местных центрах радиационного контроля на предмет содержания в рыбе радионуклидов; использовать для кулинарной обработки только филе рыбы; при варке – первый бульон всегда сливать. При превышении содержания в рыбе радиоцезия сверх установленных норм (РДУ- 99 - 370 Бк/кг) исключить такую рыбу из рациона и утилизировать.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Буянов, Н.И. Накопление и выведение искусственных радионуклидов организмами пресноводных рыб / Н.И. Буянов // Экология. – 1983. – №4.
2. Перцов, Л.А. Биологические аспекты радиоактивного загрязнения моря / Л.А. Перцов. – М., 1978.
3. Ромашов, Д.Д. Радиоактивное заражение рыб / Д.Д. Ромашов // Труды совещаний ихтиологической комиссии академии наук СССР, 1960. – Вып. 10.
4. Федорова, Г.В. О радиоактивном загрязнении рыб/ Г.В. Федорова // Рыбное хозяйство. – 1962. – №3.

# ACCUMULATION AND CESIUM-137 IN FISH LIVING IN WATERS PRIPYAT POLESIE

*A.V. SHASHKO, L.N. SHASHKO*

## *Summary*

Brest branch RNIUP Institute of Radiology, since 2004, we measured the specific activity of cesium-137 in fish inhabiting waters in Pinsk, Luninets and Stolin districts. The results indicate the presence of cesium-137 in fish ponds, located on the contaminated territories. Based on these results, a list of local fish species, ranked in ascending levels of the average  $^{137}\text{Cs}$  (Bq / kg) in their body.

*Поступила в редакцию 14 октября 2009г.*