АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В МЯСЕ НЕКОТОРЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ ЖИВОТНЫХ В ЗАУРАЛЬЕ

ОКУНЕВ Александр Михайлович, Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Степень загрязнения организма диких животных радионуклидами имеет особое значение в рамках контроля состояния окружающей среды и оценки ее безопасности для человека и животных. Большинство исследований по этой тематике касается сельскохозяйственных животных, а сведений, относящихся к промысловым зверям, гораздо меньше. В связи с этим изучены особенности накопления глобальных техногенных и природных радионуклидов в мясе некоторых промысловых животных в условиях Зауралья. Экспериментальные данные по содержанию техногенных радионуклидов в мясе промысловых животных получены в осеннезимние периоды 2014- 2018 гг. Анализ средних данных показал, что содержание в мясе промысловых животных цезия-137 в зависимости от вида животного колебалось от 4,1 до 49,2, свинца-210 - от 0,7 до 4,3, стронция-90 - от 0,1 до 1,7 Бк/кг. Суммарная бета-активность радионуклидов изменялась в зависимости от вида от 71,2 до 104,3 Бк/кг. Все пробы мяса соответствовали установленным СанПиН-2010 нормам. Повышенное накопление радиоактивного цезия (49,2 Бк/кг) и других техногенных радионуклидов отмечено в мясе дикого северного оленя, а в южных районах Зауралья - в мясе медведя и кабана (21,1 и 17,4 Бк/кг соответственно). В мышечной ткани косули этого радионуклида содержалось немного выше, чем у лося (14,7 и 12,2 Бк/кг соответственно). Наименьшая концентрация цезия-137 (4,1Бк/кг) и других нуклидов обнаружена в мясе бобра. Содержание стронция-90 в мясе проверенных животных минимальное, а удельная активность свинца-210 выше, чем стронция-90, в 2-10 раз в зависимости от вида. Различия в накоплении техногенных радионуклидов в мясе промысловых животных в большой степени связаны с характером кормления и составом рациона диких видов и подвержены значительным колебаниям в соответствии с изменением объема и качества кормового ресурса в лесных биотопах по времени года.

Введение. В организм животных радиоактивные вещества могут попадать различными путями, например через воздух и воду. Самый распространенный путь поступления радионуклидов в организм кормовой. Трофическая цепь питания животных включает в себя движение радионуклидов из почвы в кормовые растения, а из растений в организм диких животных, в том числе промысловых. В мясе промысловых животных накапливаются как техногенные, так и природные радиоактивные вещества. Наибольшей радиотоксичностью обладают искусственные изотопы цезия и стронция, а также естественный изотоп свинца и дочерние продукты его распада [7].

В почвах юга Тюменской области, где аккумулировались радионуклиды глобальных выпадений и наложений радиоактивного следа Кыштымской аварии, плотность загрязнения сельскохозяйственных угодий

к началу наших исследований колебалась от 0,023 до 0,061 Ки/км² по ⁹⁰Sr и от 0,042 до $0,110 \text{ Ku/км}^2$ по $^{137}\text{Cs. B}$ последнее время в результате интенсификации и химизации сельского хозяйства, а также постоянно возрастающего потребления углеводородов в окружающую среду поступает все большее количество природных радионуклидов. Самым доступным и опасным для человека и животных является свинец-210, содержание которого в наших почвах за последние 10 лет увеличилось с 0,115 до 0,158 Ки/км². В Курганской области радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных и лесных угодий также связано с выпадениями продуктов ядерных испытаний и аварийных выбросов различных предприятий Южного Урала [5].

Следует отметить, что содержание в организме диких животных некоторых природных радионуклидов отражает местные биогеохимические условия. В частности,



ния техногенной зоны, особенно вокруг городов и других крупных населенных пунктов [3]. Например, ученые Саратовской области отмечают, что их территория испытывает сильное антропогенное давление за счет химических и токсических веществ, входящих в состав отходов производства и потребления. Из большого числа разнообразных химических веществ, поступающих в окружающую среду, особое место занимают тяжелые металлы (в состав которых входит и радиоактивный свинец), которые накапливаются, прежде всего в воде и почве [6]. Кроме того, мониторинг радиоактивного загрязнения угодий для охотничьих хозяйств является актуальным, т. к. радиоактивные вещества, попадая с кормом в организм животных и накапливаясь в органах и тканях, способствуют снижению резистентности, а значит возникновению различных заболеваний [2].

отмеченные повышенные уровни радио-

активных полония, свинца и висмута мо-

гут служить свидетельством формирова-

Проблема обостряется тем, что в условиях продолжающегося снижения уровня жизни и неполной занятости населения, особенно сельского, происходит существенный рост потребления продуктов из дикой природы, в том числе и мяса охотничьих животных. Использование загрязненной радионуклидами продукции создает угрозу поражения организма человека различными видами излучений, которые даже в малых дозах способны вызывать мутагенные и канцерогенные эффекты [2]. Поэтому степень загрязнения экосистем радионуклидами имеет большое значение в рамках контроля состояния окружающей среды и оценки ее безопасности, как для человека, так и для животных. Однако большинство отечественных научных работ по этой тематике касается сельскохозяйственных животных. Сведений, относящихся к промысловым зверям, гораздо меньше [4].

Цель наших исследований – изучение особенностей накопления глобальных техногенных и природных радионуклидов в мясе некоторых промысловых животных в условиях Зауралья.

Методика исследований. Экспериментальные данные по содержанию техногенных радионуклидов в мясопродук-

тах получены в осенне-зимние периоды 2014-2018 гг. Исследованию на радиоактивность подвергали пробы свежего мяса промысловых животных, доставленные из охотугодий Тюменской и Курганской областей. Измерение удельной активности ¹³⁷Cs проводили в сырых пробах, размещенных в литровом сосуде Маринелли, а ⁹⁰Sr – в озоленных пробах (кювета 70 мм) на спектрометрическом комплексе «Гамма плюс» с программным обеспечением «Прогресс». Время измерений проб составляло 30 мин. Значение фоновой неопределенности и погрешности измерений определяли при уровне вероятности 0,95. Радиометрию проб на суммарную бета-активность ($\Sigma A\beta$) и активность ²¹⁰Pb (радиохимическим методом) в зольных остатках мясопродуктов проводили на установке «УМФ 2000».

Результаты исследований. В Тюменской и Курганской областях местами обитания промысловых животных являются преимущественно лесные и лесостепные угодья, которые характеризуются кумулятивным типом радиоактивного загрязнения. Лесные мхи и лишайники, травы, кустарники, большинство лиственных и хвойных деревьев используют минеральные вещества из наиболее загрязненного поверхностного слоя почв, где содержится 95 % техногенных радионуклидов. Поэтому в лесном сене, диких ягодах, грибах отмечается повышенный уровень радиоактивного загрязнения, несмотря на относительно низкое содержание радионуклидов в почвах местных биотопов. Например, при плотности загрязнения лесных угодий цезием-137 в размере 1 Ки/км² удельная активность этого радионуклида в дикоросах может достигать 1,5 кБк/кг, что превышает нормы СанПиН [1]. В этой связи указанные кормовые растения являются источниками загрязнения мяса диких животных. Накопление радионуклидов в организме охотничьих животных зависит от их возраста, характера питания, состава кормов, сезона года. Отмечено, что пик накопления радионуклидов в организме промысловых животных приходится на вторую половину лета и начало осени, когда в их рационе содержится максимальное количество грибов и ягод.



Содержание техногенных радионуклидов в мясе промысловых животных в Зауралье

Область, административный район	Вид животного	Удельная активность, Бк/кг			
		ΣΑβ	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²¹⁰ Pb
Курганская обл.					
Шатровский р-н	Лось Кабан	79,9±10,9 101,7±11,8	0,1±4,1 0,5±4,1	12,2±7,2 16,2±7,2	2,2±0,8 2,9±0,6
Тюменская обл.					
Ямальский р-н	Дикий северный олень	104,3±17,6	1,3±11,5	49,2±9,3	4,3±1,3
Аромашевский р-н	Лось Медведь	92,3±10,8 95,5±11,3	0,1±1,1 1,7±1,2	11,1±3,5 21,1±5,4	1,7±0,4 1,8±0,1
Исетский р-н	Косуля КРС	89,4±16,3 84,1±4,6	0,1±3,4 1,2±0,9	14,7±7,3 4,1±4,8	2,1±0,9 3,5±3,6
Н-Тавдинский р-н	Кабан	95,8±5,8	1,0±5,1	17,4±7,9	2,5±1,1
Казанский р-н	Бобер	71,2±9,5	0,0±1,8	4,1±4,3	0,7±0,09

Средние данные по удельной активности техногенных радионуклидов в мясе некоторых промысловых животных и домашнего скота, обитающих на территории Тюменской и Курганской областей, представлены в таблице. Наибольшее содержание радиоактивного цезия (49,2 Бк/кг) определялось в мясе северного оленя, а в южных районах Зауралья - в мясе медведя и кабана (21,1 и 17,4 Бк/кг соответственно). В мышечной ткани косули содержание этого радионуклида было немного выше, чем у лося (14,7 и 12,2 Бк/кг соответственно). Меньше всего цезия-137 (4,1 Бк/кг) было обнаружено в мясе бобра, рацион которого строго растительный и состоит из травянистых культур пойменных видов. По мере убывания степени накопления цезия-137 в мясе промысловых животных можно выстроить ряд: дикий северный олень > медведь > кабан > косуля > лось > бобер. Практически у всех промысловых животных, кроме бобра, содержание цезия было выше в несколько раз, чем у крупного рогатого скота (КРС), что свидетельствует о значительных различиях в составе кормов диких и домашних видов.

Содержание стронция-90 в мясе всех проверенных животных находилось на минимальном уровне, с большими колебаниями погрешностей измерения, которые не позволяют судить о действительном загрязнении организма животных этим нуклидом. Удельная активность свинца-210 в пробах

мяса животных была выше, чем стронция-90, в 2-10 раз в зависимости от вида, что свидетельствует о накоплении этого радионуклида в лесных экосистемах за счет высокой миграционной способности элемента. Известно, что этот радионуклид является активным водным и воздушным мигрантом. Однако для реальной оценки удельной активности стронция и свинца в организме диких животных необходимы исследования костных тканей, так как эти элементы имеют тропность к скелету. Сравнение данных по суммарной бета-активности проб мяса показало, что в организме животных кроме цезия, стронция и свинца присутствуют и другие бета-излучатели природного, возможно, и искусственного происхождения, количество которых превышает общую активность названных элементов.

Загрязнение мяса промысловых животных радиоактивными веществами тесно связано с характером кормления и составом кормов. Так, лось после установки снежного покрова в наших лесах за счет своего высокого роста кормится ветками различных кустарников и деревьев, где концентрация радионуклидов значительно ниже, чем в травах (рис. 1).

Такое питание, как у лося, не совсем доступно косулям и особенно кабанам, которые добывают подножный корм изпод снега, поэтому этих животных приходится подкармливать в охотхозяйствах заготовленными грубыми и концентрированными кормами (рис. 2). В местах







Рис. 1. Лось (Alces alces) в зимнем перелеске



Рис. 2. Сибирская косуля (Capreolus pygargus) на подкормке

подкормки кабанов в некоторых наших угодьях принято размещать емкости с соляркой, которую животные используют для борьбы с эктопаразитами на своем теле. Этот нефтепродукт содержит природные радионуклиды, в том числе свинец-210, и в составе органического растворителя может проникать в организм животного. В летнее и осеннее время косуля частично питается грибами, ягодами, а также мхами и лишайниками, содержащими повышенные количества радионуклидов. Дикий кабан в это время добывает себе корм в лесной подстилке, поедая коренья и почвенных животных, имеющих более высокие концентрации цезия-137.

Нами замечены значительные сезонные колебания содержания радионуклидов в организме диких животных. Например, в зимний период загрязнение мяса этих видов может снижаться в 2 раза и более. Так, при исследовании мяса косули в начале осени была установлена удельная активность цезия-137 на уровне $25,2\pm5,5$ Бк/кг, в середине этого сезона $-11,2\pm7,2$, а в начале зимы -9.5 ± 10.2 Бк/кг. В то же время загрязнение медвежатины этим изотопом колебалось от $26,6\pm30,4$ до $1,6\pm1,3$ Бк/кг. Такие различия в содержании радионуклидов в организме диких животных могут быть связаны также с тем, что они способны мигрировать на значительные расстояния.

В условиях Зауралья, где часть лесных угодий находится в зоне ВУРСа (Восточно-Уральский радиоактивный след), с высоким загрязнением почв техногенными радионуклидами, возможны случаи, когда при отстреле животных на сопредельных территориях выявляются туши с высоким содержанием радиоактивных веществ. Например, в 2014 г. в мясе убитого кабана из Нижнетавдинского района активность цезия-137 составила 45,2 Бк/кг, то есть в 3 раза выше средних показателей загрязнения этого вида диких животных. Такие случаи подтверждают необходимость проведения радиометрической ветеринарносанитарной оценки мяса всех убитых промысловых животных.

Заключение. Радиометрический анализ выявил наибольшее содержание в мясе промысловых животных цезия-137,

удельная активность которого в зависимости от вида животного колебалась от 4,1 до 49,2 Бк/кг. Концентрация свинца-210 в мясопродуктах составляла 0,7–4,3 Бк/кг, а стронция-90 – 0,1–1,7 Бк/кг. Суммарная бета-активность радионуклидов в мясе диких животных изменялась в зависимости от вида от 71,2 до 104,3 Бк/кг. Все исследованные пробы мяса соответствовали нормам, установленным СанПиН-2010 для данного вида пищевой продукции.

Установлено повышенное накопление радиоактивного цезия и других техногенных радионуклидов в мясе дикого северного оленя, а в южных районах Зауралья – в мясе медведя и кабана. В мышечной ткани косули содержание этого радионуклида было немного выше, чем у лося. Наименьшая концентрация цезия-137 и других нуклидов обнаружена в мясе бобра. Содержание стронция-90 в мясе всех проверенных животных находилось на минимальном уровне, а удельная активность свинца-210 была выше, чем стронция-90, в 2-10 раз в зависимости от вида, что свидетельствует о накоплении этого радионуклида в лесных экосистемах за счет антропогенного давления и расширения техногенной зоны городов.

Различия в степени накопления техногенных радионуклидов в мясе промысловых животных обусловлены не только физиологическими и анатомическими особенностями диких видов, но и характером кормления и составом рациона. Значительные колебания удельной активности техногенных радионуклидов в организме промысловых животных связаны с изменением объема кормового ресурса в лесных биотопах по времени года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов // Сан-ПиН 2.3.2.2650-10. М.: ФГУП «ИнтерСЭН», 2010. 168 с.
- 2. Демина Э.А. Модификация цитогенетических эффектов, индуцированных радиацией в малых дозах // Хроническое радиационное воздействие: эффекты малых доз: тез. докл. IV Междунар. конф. Челябинск, 2010. С. 112–114.





- 3. *Максимюк Н.Н.* Исследование содержания ксенобиотиков в мясе диких кабанов // Международный научно-исследовательский журнал. 2008. № 7(38). С. 81–84.
- 4. Михалусев В.И. Радиоэкологичемониторинг млекопитпюский диких щих в зоне радиоактивного загрязнения // Проблемы радиологии загрязненных тер-Юбилейный тематический сборник. -Минск, 2001. Вып. 1. -C. 154-174.
- 5. Окунев А.М. Особенности перехода техногенных радионуклидов из рациона в молоко и мясо коров при пастбищном содержании на юге Тюменской области // Вестник КрасГау. 2018. № 6. С. 250–254.
- 6. Получение экологически безопасной зерновой продукции на антропогенно-загрязненных территориях Саратовской области / Ю.М. Андриянова [и др.] // Аграрный научный журнал. 2016. № 3. С. 8–13.

7. Порохов А.А. Зараженность некоторых видов охотничьих животных радионуклидами Сs-137, Sr-90 в условиях Новгородской области // Разнообразие, функционирование, продуктивность и охрана биосистем в Новгородской области: материалы регион. науч. конф. НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2003. – С. 40–43.

Окунев Александр Михайлович, канд. вет. наук, доцент кафедры «Незаразные болезни с.-х. животных», Государственный аграрный университет Северного Зауралья. Россия.

625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7. Тел.: (3452) 29-01-60.

Ключевые слова: промысловые животные; лесные биотопы; техногенные радионуклиды; радиометрический анализ; радиоактивность мяса.

FEATURES OF ACCUMULATION OF THE TECHNOGENIC RADIONUCLIDES IN MEAT OF SOME HUNTING ANIMALS IN THE TRANS-URALS

Okunev Alexander Mikhailovich, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the chair "Non-communicable Diseases of Agricultural Animals", State Agrarian University of the Northern Trans-Urals. Russia.

Keywords: hunting animals; forest biotopes; technogenic radionuclides; radiometric analysis; radioactivity of meat.

The degree of contamination of the organism of wild animals with radionuclides is of particular importance in the framework of environmental monitoring and assessment of its safety, both for humans and for animals. However, the majority of domestic scientific works on this subject concerns farm animals, and the information relating to hunting animals is much less. This fact determined the relevance of our work, the purpose of which was to study the features of the accumulation of global technogenic and natural radionuclides in the meat of some wild animals in the TRANS-Urals. Experimental data on the content of technogenic radionuclides in the meat of hunting animals were obtained in the autumn-winter periods of 2014 -2018. Analysis of the average data showed, that the content in the meat of wild animals cesium-137, depending on the animal species, ranged from 4.1 to 49.2; lead-210 - 0,7 - 4,3; and strontium-90 - 0.1 - 1.7 Bq/kg. The total beta- activity of ra-

dionuclides in the meat of wild animals varied, depending on the species, from 71.2 to 104.3 Bq/kg. At the same time, all the studied samples of meat corresponded to the norms established by SanPiN-2010 for this type of food product. Some increased accumulation of radioactive cesium (49.2 Bq/kg) and other anthropogenic radionuclides was observed in wild reindeer meat, and in the southern regions of the TRANS-Urals - in bear and wild boar meat (21.1 and 17.4 Bq/kg, respectively). In the muscle tissue of the roe deer the content of this radionuclide was slightly higher than that of the elk (14.7 and 12.2 Bq/kg, respectively). The lowest concentration of cesium-137 (4.1 Bq/kg) and other nuclides was found in beaver meat. The content of strontium-90 in the meat of all tested animals was at a minimum level, and the specific activity of lead-210 was higher than strontium-90 by 2 - 10 times, depending on the species, which indicates the accumulation of this radionuclide in forest ecosystems due to anthropogenic pressure and expansion of the technogenic zone of cities. The results of studies have shown that differences in the accumulation of technogenic radionuclides in the meat of the hunting animals are largely related to the nature of feeding and composition of the diet of wild species, and are subject to significant fluctuations in accordance with the change in the volume and qualities of food resources in forest biotopes over the year.

