

**МЕТОДЫ РАДИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ ВЕТЕРИНАРНОГО НАДЗОРА,
ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОГЛОЩЕННЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ РАДИОИЗОТОПОВ
В ОРГАНИЗМ ПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ**

A.S. Kashin

**THE METHODS FOR RADIOLOGICAL MONITORING OF VETERINARY SUPERVISION OBJECTS,
THE CALCULATION OF ABSORBED DOSES UPON ENTERING OF RADIONUCLIDES
THE ORGANISM OF PRODUCTIVE ANIMALS**

Кашин А.С. – д-р ветеринар. наук, проф. каф. внутренних незаразных болезней, акушерства и физиологии сельскохозяйственных животных Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.
E-mail: radyolog@yandex.ru

Kashin A.S. – Dr. Veterinary Sci., Prof., Chair of Internal Noncontagious Diseases, Obstetrics and Physiology of Farm Animals, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk.
E-mail: radyolog@yandex.ru

Цель исследований – разработать комплексные методы оценки экологической эффективности системы радиологического контроля уровня содержания радионуклидов и вычисления поглощенных доз облучения организма продуктивных животных и их закономерного конечного накопления в различных объектах сельскохозяйственной сферы с учетом качества и безопасности животноводческой и растениеводческой продукции. В своих исследованиях предлагаем использовать следующие методики: метод пробных площадей; метод опроса; метод регистрационно-измерительный; метод картографирования; метод трансектный; метод анализа результатов исследования для формирования выводов и определения дальнейшего направления работы. Анализы определения закономерностей накопления и уровни содержания гамма-постоянной [γ] (Мэв) на основе комплексных полевых и лабораторных исследований в условиях конкретных сельскохозяйственных объектов мы предлагаем проводить по единой системе: «почва – вода – корма – организм животного – продукция и субпродукты». Для этого формируются группы из соответствующих исходных образцов отобранного материала для составления экспертного заключения установленного радиоактивного фона экообъектов по своему назначению и прилежа-

нию их в этой экосистеме. Для объектов данного исследования отбирали следующие пробы: продукция из мяса и субпродуктов (в данном примере внутренние органы оленя – печень, кости, субпродукты); воды открытых и закрытых водоемов; растительные образцы (мох, лишайники, ветки ивы, березы, зеленая масса брусники, голубики, грибы); почвы. Предложены комплексные методы оценки по изучению экологической эффективности системы радиологического контроля уровня содержания и накопления радионуклидов для практического применения с основными методами вычисления поглощенных доз облучения при поступлении радиоизотопов внутрь организма продуктивных животных и их закономерного конечного накопления в различных объектах сельскохозяйственной сферы, в зависимости от вида излучения. Предложенная методика будет полезна смежным специальностям: эксперту по сырью животного происхождения при оценке качества сырья, технологу по переработке продукции животноводства, студентам и слушателям ФПК – ветврачам-радиологам.

Ключевые слова: радиологический контроль, радиоизотопы, доза облучения, продуктивные животные, экотоксиканты, гамма-излучатели.

The purpose of the research was to develop complex methods of the assessment of ecological system effectiveness of radiological control of the level of the content of radionuclides and the calculation of absorbed doses of radiation of the organism of productive animals and their natural final accumulation in various objects of agricultural sphere taking into account the quality and safety the items of livestock and crop production. In the research it was suggested to use the following techniques: the method of trial areas; poll method; registration and measuring method; mapping method; transaction method; the method of the analysis of the results of the research for making the conclusions and definition of further area of work. $[(\gamma)$ (MeV)] on the basis of complex field and laboratory research in the conditions of concrete agricultural objects it was suggested to carry out the analyses of the determination of the regularities of the accumulation and the levels of the maintenance of gamma and constant on uniform system: "soil – water – stern – an animal organism – production and an offal". The groups of corresponding initial samples of selected material for drawing up expert opinion of established radioactive background of ecological objects according to the destination and to their diligence in this ecosystem were formed for this purpose. For the objects of the research the following tests were selected: the production from meat and offal (in the example – an internal of the deer – liver, bones, and offal); the water of opened and closed reservoirs; vegetable samples (moss, lichens, branches of a willow, birch, green material of cowberry, blueberry, mushrooms); soils. Complex methods of the assessment on studying ecological system effectiveness of radiological control of the level of the contents and accumulation of radionuclides for practical application with the main methods of calculation of absorbed radiation doses at the receipt of radioisotopes in the organism of productive animals and their natural final accumulation in various objects of agricultural sphere, depending on the type of radiation were offered. Offered technique will be useful for related specialties: to the expert in raw materials of animal origin at the assessment of the quality of raw materials, to the technologist on the processing of animal husbandry production, students and listeners of the Faculty of Advanced Study – veterinarians-radiologists.

Keywords: radiological control, radioisotopes, radiation dose, productive animals, ecotoxicants, gamma-emitters.

Введение. Во многих регионах России, в т. ч. Западной Сибири (включая экообъекты Крайнего Севера) отмечается увеличение количества и объема ксенобиотиков – синтетических веществ, чужеродных для животных и человека. Интенсивное их воздействие на природные и сельскохозяйственные среды ухудшило среду обитания и стало выходить за пределы биологической приспособляемости. Это, в свою очередь, определило уровень риска распространения различных антропогенно и экологически обусловленных органопатологий животных [1].

Особенно опасно суммарное воздействие экотоксикантов малой интенсивности на популяции животных и биологические объекты, их способность накапливаться и ухудшать санитарное качество животноводческой продукции, вызывать удаленные последствия, связанные с мутагенным, эмбриотоксическим, тератогенным и иммунодепрессантным действиями [2].

Цель исследований: разработать комплексные методы оценки экологической эффективности системы радиологического контроля уровня содержания радионуклидов и вычисления поглощенных доз облучения организма продуктивных животных и их закономерного конечного накопления в различных объектах сельскохозяйственной сферы с учетом качества и безопасности животноводческой и растениеводческой продукции.

Задачи исследований:

1) определить комплексные методы системы радиологического контроля содержания и накопления радионуклидов в биообъектах окружающей среды по единой системе: «почва – вода – корма – организм животного – продукция и субпродукты»;

2) разработать методы вычисления поглощенных доз облучения животных и их накопления в различных объектах сельскохозяйственной сферы.

Условия, материалы и методы исследований. В историческом процессе продолжается формирование литосферных плит под действием различных экстремальных природных явле-

ний и солнечной радиоактивности, вулканической деятельности, землетрясений. В результате этой природной активности наблюдается естественно выраженное появление и накопление веществ с цитостатическими свойствами. Особенно характерно появление экотоксикантов искусственного происхождения на фоне полного ионизирующего излучения и использования радионуклидов антропогенного воздействия (с выделением ядерной энергии). На фоне полного сочетания антропогенных влияний и биогеохимических природных аномалий в биосфере проявляется выраженное развитие лучевых заболеваний животных природно-очагового характера территории [3].

В своих исследованиях предлагаем использовать следующие методики: метод пробных площадей; метод опроса; метод регистрационно-измерительный; метод картографирования; метод трансектный; метод анализа результатов исследования для формирования выводов и определения дальнейшего направления работы.

Результаты исследований и их обсуждение. Для вычисления поглощенных доз облучения при поступлении радиоизотопов внутрь организма продуктивных животных в зависимости от вида излучения рекомендуется использовать следующие формулы:

для радиоизотопов гамма-излучателей

$$D_{\gamma} = 0,032 \cdot K_{\gamma} \cdot A \cdot T_{\text{эфф}};$$

для радиоизотопов бета-излучателей

$$D_{\beta} = 73,8 \cdot A \cdot E_{\beta} \cdot T_{\text{эфф}};$$

для радиоизотопов альфа-излучателей

$$D_{\alpha} = 73,8 \cdot A \cdot E_{\alpha} \cdot T_{\text{эфф}} \cdot \text{ОБЭ},$$

где D_{γ} , D_{β} , D_{α} – поглощенная доза облучения, рад (для альфа-излучения – в бэрах); 0,032 – постоянный расчетный коэффициент поглощенной дозы гамма-излучения; 73,8 – постоянный расчетный коэффициент поглощенной дозы

альфа- или бета-излучения; K_{γ} – гамма-постоянная радиоизотопа; A – количество радиоизотопа в тканях или органах, мкКи; $T_{\text{эфф}}$ – эффективный период полувыведения радиоизотопа из организма или органа (находят по таблице или вычисляется по формуле); E_{β} – средняя энергия бета-частиц, Мэв (для определения средней энергии необходимо уточнить максимальную энергию данного изотопа, она дается в таблице, умножить на коэффициент 0,4); E_{α} – средняя энергия альфа-частиц, Мэв; ОБЭ – коэффициент относительной биологической эффективности излучения. Для альфа-частиц ОБЭ (коэффициент качества) равен 10.

Варианты образцов проб для вычисления доз облучения представлены в таблице.

Безопасный уровень радиационного фона составляет 8–12 мР/ч, или 0,08–0,12 мЗв/ч. Для человека и животных соответственно является безопасным 100 БЭР.

Анализы определения закономерностей накопления и уровни содержания гамма-постоянной [γ] (Мэв) на основе комплексных полевых и лабораторных исследований в условиях конкретных сельскохозяйственных объектов мы предлагаем проводить по единой системе: «почва – вода – корма – организм животного – продукция и субпродукты». Для этого формируются группы из соответствующих исходных образцов отобранного материала для составления экспертного заключения установленного радиоактивного фона экообъектов по своему назначению и прилежанию их в этой экосистеме [4], как показано на приведенном примере наших исследований по распространенности радиоактивного фона на экообъекты Крайнего Севера (рис.).

Для объектов исследования отбирали следующие пробы: продукция из мяса и субпродуктов (в данном примере – внутренние органы оленя – печень, кости, субпродукты); воды открытых и закрытых водоемов; растительные образцы (мох, лишайники, ветки ивы, березы, зеленая масса брусники, голубики, грибы); почвы.

Варианты образцов проб для вычисления доз облучения

Вариант	Радио-активный изотоп	Кол-во изотопа, мКи	Вид излу-чения	Гамма-постоянная (γ), Мэв		Критический орган	$T_{эфф}$, сут
				Максим.	Средн.		
1	$^{198}_{79}\text{Au}$ (золото)	1	$\beta \gamma$	2,3		Все тело	2,6
	$^{210}_{84}\text{Po}$	1	α	$8,5 \cdot 10^{-6}$		Все тело	25,0
			γ	$8,18 \cdot 10^{-8}$			
$^{32}_{15}\text{P}$	1	$\beta \gamma$	1,7		Все тело	13,5	
						Кости	14,1
2	$^{60}_{27}\text{Co}$	1	$\beta \gamma$	12,9		Все тело	9,5
	$^{210}_{84}\text{Po}$	1	α	$8,5 \cdot 10^{-6}$		Почки	46,0
			γ	$8,18 \cdot 10^{-8}$			
$^{35}_{14}\text{S}$	1	$\beta \gamma$	0,7		Все тело	44,3	
						Кожа	82,4
3	$^{137}_{55}\text{Cs}$	1	$\beta \gamma$	3,1		Все тело	70,0
	$^{210}_{84}\text{Po}$	1	α	$8,5 \cdot 10^{-6}$		Селезенка	42,0
			γ	$8,18 \cdot 10^{-8}$			
$^{140}_{56}\text{Ba}$	1	$\beta \gamma$	1,02		Все тело	10,7	
						Мышцы	12,7
4	$^{131}_{53}\text{I}$	1	$\beta \gamma$	2,3		Все тело	7,6
	$^{210}_{84}\text{Po}$	1	α	$8,5 \cdot 10^{-6}$		Печень	32,0
			γ	$8,18 \cdot 10^{-8}$			
$^{144}_{58}\text{Ce}$	1	$\beta \gamma$	0,32		Все тело	191,0	
						Кости	343,0
5	$^{24}_{11}\text{Na}$	1	$\beta \gamma$	18,5		Все тело	0,6
	$^{210}_{84}\text{Po}$	1	α	$8,5 \cdot 10^{-6}$		Кости	20,0
			γ	$8,18 \cdot 10^{-8}$			
$^{106}_{44}\text{Ru}$	1	$\beta \gamma$	3,7		Все тело	7,2	
						Кости	15,0

Все данные были обобщены в следующие группы:

В группе «мясо, субпродукты» содержание γ -излучений находилось в пределах 11–16 ($\times 100$ мкР/ч).

В группе «внутренние органы» содержание γ -излучений в печени и почках северного оленя – в пределах 14–15 ($\times 100$ мкР/ч). В костях оленей колебались – 15 ($\times 100$ мкР/ч).

В группе «водные источники, открытые и закрытые водоемы» содержание γ -излучений в представленных образцах из озер Вокзальное, Школьное, Лама, Выгодное, Долгое, 1-го и 2-го Турбазы, загрязненного участка озера В-109, реки Енисей (69°, 68'48'', 68'49'', 68'40''), участков рек Дудинка, Рыбное, Норильская (200 м

от п. Валька и площадки МЧС), ручья Подпорожистый, водоемы п. Носок, пределы значений составили от 12 до 16 ($\times 100$ мкР/ч).

В группе «растительные корма» содержание γ -излучений в разновидностях лишайника, мхах, листьях ивы, березы, зеленой массе брусники, голубики, грибах пределы значений составили от 12 до 17 ($\times 100$ мкР/ч).

В группе «почва» взяты образцы грунта на глубине 0–10, 10–20 см из окрестностей поселений Дудинки, Караул, Хатанга, Диксон, Потапово и на полях сенокоса Потапова; содержание γ -излучений в данных образцах составило в пределах от 13 до 15 ($\times 100$ мкР/ч).

Ветеринарно-санитарная оценка мясо-продуктов. По результатам проведенных гам-

ма-измерений и расчетов проводят сортировку мясных туш на две группы по следующим параметрам:

для крупного рогатого скота

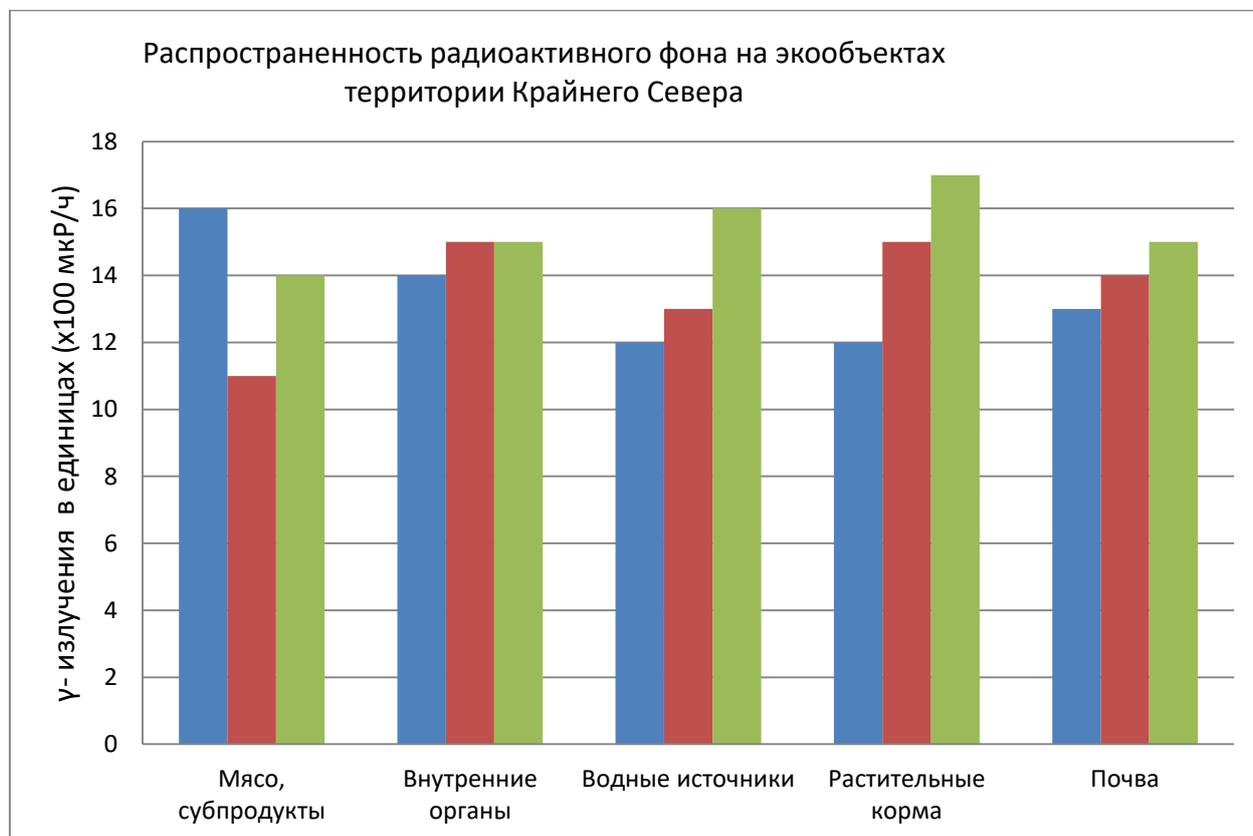
а) если $A < 8 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг или $P < 17$ мкР/ч, мышечная ткань «чистая»;

б) если $A > 8 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг или $P > 17$ мкР/ч, мышечная ткань «грязная»;

для свиней

в) если $P < 7$ мкР/ч, мышечная ткань «чистая»;

г) если $P > 7$ мкР/ч, мышечная ткань «грязная».



Уровень содержания гамма-излучений в единицах ($\times 100$ мкР/ч) по единой системе «почва – вода – растительные корма – организм животного – продукция и субпродукты мяса оленей»

Установленный нижний радиоактивный уровень – предел на готовую продукцию $5 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг. При уровне выше этого значения составляется акт выбраковки. Такую продукцию отправляют на переработку по методу разбавления. При содержании радиоактивных веществ в мясном сырье до $5 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг оно подлежит смешиванию с чистым мясом, радиоактивность которого не более $1 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг в соотношениях от 2 : 1 до 1 : 13 в зависимости от уровня загрязнения. Мясо с содержанием радиоактивных веществ более $1 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг применять для разбавления загрязненного мяса не рекомендуется.

На производство колбасных изделий используют мясо категорий упитанности и субпродукты

I и II категории в охлажденном и размороженном состоянии с содержанием радиоактивных веществ не более $5 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг. Кровь и продукты ее переработки имеют такой же допустимый уровень [5].

Выводы. Предложены комплексные методы оценки по изучению экологической эффективности системы радиологического контроля уровня содержания и накопления радионуклидов для практического применения с основными методами вычисления поглощенных доз облучения при поступлении радиоизотопов внутрь организма продуктивных животных и их закономерного конечного накопления в различных объектах

тах сельскохозяйственной сферы в зависимости от вида излучения.

Предложенная методика будет полезна смежным специальностям: эксперту по сырью животного происхождения при оценке качества сырья, технологу по переработке продукции животноводства, студентам и слушателям ФПК – ветврачам-радиологам.

Литература

1. *Борисенко Е.Н.* Продовольственная безопасность России (проблемы и перспективы). – М., 1997. – 196 с.
2. *Беккер А.А., Агаев Т.Б.* Охрана и контроль загрязнения природной среды. – Л.: Гидрометеоздат, 200. – 536 с.
3. *Майстренко В.Н., Хамитов Р.З.* Эколого-аналитический мониторинг супертоксиантов. – М.: Химия, 1996. – 126 с.
4. *Кашин А.С., Кашина Г.В.* Основные концепции составления макета социального ветеринарно-экологического атласа регионов Арктических широт // *Терра-Арктика-2018: биологические ресурсы и рациональное природопользование: мат-лы IV Междунар. науч.-практ. конф. / КНЦ СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН.* – Норильск, 2018. – С. 48–49.

5. *Федотова А.С., Кашин А.С.* Ветеринарная радиобиология: учеб. пособие. – Красноярск, 2007. – 111 с.

Literatura

1. *Borisenko E.N.* Prodovol'stvennaja bezopasnost' Rossii (problemy i perspektivy). – M., 1997. – 196 s.
2. *Bekker A.A., Agaev T.B.* Ohrana i kontrol' zagrjaznenija prirodnoj sredy. – L.: Hidrometeoizdat, 200. – 536 s.
3. *Majstrenko V.N., Hamitov R.Z.* Jekologo-analiticheskij monitoring supertoksikantov. – M.: Himija, 1996. – 126 s.
4. *Kashin A.S., Kashina G.V.* Osnovnye koncepcii sostavlenija maketa social'nogo veterinarno-jekologicheskogo atlasa regionov Arkticheskikh shirot // *Terra-Arktika-2018: biologicheskie resursy i racional'noe prirodopol'zovanie: mat-ly IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / KNC SO RAN, FIC KNC SO RAN.* – Noril'sk, 2018. – S. 48–49.
5. *Fedotova A.S., Kashin A.S.* Veterinarnaja radiobiologija: ucheb. posobie. – Krasnojarsk, 2007. – 111 s.

