

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДА ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ РАЦИОНА В МОЛОКО И МЯСО КОРОВ ПРИ ПАСТБИЩНОМ СОДЕРЖАНИИ НА ЮГЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.М. Okunev

THE PECULIARITIES OF TRANSFER OF TECHNOGENIC RADIONUCLIDES FROM FEEDING MILK AND MEAT OF THE COWS AT THEIR PASTURE KEEPING IN THE SOUTH OF TYUMEN REGION

Окунев А.М. – канд. вет. наук, ст. науч. сотр., доц. каф. незаразных болезней сельскохозяйственных животных Государственного аграрного университета Северного Зауралья, г. Тюмень. E-mail: Okusana-89@rambler.ru

Okunev A.M. – Cand. Vet. Sci., Senior Staff Scientist, Assoc. Prof., Chair of Noncontagious Diseases of Farm Animals, State Agrarian University of Northern Trans-Urals, Tyumen. E-mail: Okusana-89@rambler.ru

В настоящее время основную роль в дополнительном облучении организма сельскохозяйственных животных играют радионуклиды искусственного происхождения стронций-90 и цезий-137, а также природный свинец-210, который попадает в трофические цепи питания скота после использования в аграрном секторе продуктов переработки углеводородного сырья и удобрений. Накопление радионуклидов в организме скота и переход их в мясо-молочную продукцию зависят от физиологического состояния животных, их продуктивности, состава рациона и его сбалансированности по минеральным элементам, а также от многих других факторов. Цель работы – изучение особенностей перехода в мясо-молочную продукцию радиоактивных изотопов стронция, цезия и свинца из суточного набора кормов молочных коров при летнем пастбищном содержании на серой лесной почве Приишимья. Исследования кормов и мясо-молочной продукции были проведены в 2002–2010 гг. в Абатском районе лесостепной зоны юга Тюменской области. Стадо черно-пестрых коров уральского отродья с удоем 4,2–5,3 тыс. кг молока за лактацию в летний период находилось на вольном выпасе с разнотравным составом, в дополнение к зеленой массе животные получали дробленую зерносмесь из овса и гороха. Измерение удельной активности ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{210}Pb в пробах кормов и мясо-молочной продукции проводилось на УСК «Гамма-плюс» с применением радиохимического анализа. Исследования показали, что накопление радиоактивного стронция, цезия и свинца в зеленой массе пастбищной травы в 1,5–6 раз выше, чем в зерне злаково-бобовой смеси, выращенном на серой лесной почве в Приишимье. В структуре глобальных радионуклидов, содержащихся в летнем рационе молочных коров, стронций-90 составляет 40,6 %, цезий-137 – 16,8 и свинец-210 – 42,6 %. Процент перехода радиоактивного цезия в молоко из суточного рациона в наших опытах был выше, чем стронция, в 3,3, а свинца в 8 раз, в мясо – в 12,6 и 7,4 раза соответственно. Коэффициенты перехода радиоактивных стронция и цезия в мясо-молочную продукцию из летнего рациона, с низким содержанием этих элементов в кормах, в условиях юга Тюменской области в 1,9–3,1 раза меньше, чем при высоком загрязнении глобальными радионуклидами растительных кормов.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, летний рацион молочных коров, техногенные радионуклиды,

коэффициенты перехода нуклидов в молоко и мясо коров.

Nowadays the main role in additional radiation of an organism of farm animals by radionuclides of artificial origin is played by strontium-90 and caesium-137, and also natural lead-210 which get to trophic power-supply circuits of cattle after using the products of processing of hydrocarbonic raw materials and fertilizers in agrarian sector. The accumulation of radionuclides in the organism of cattle and their transition to meat and dairy production depend on physiological condition of animals, their efficiency, structure of the diet and its balance of mineral elements, and also on many other factors. The work purpose was studying the features of transition of radioactive isotopes of strontium, caesium and lead to meat-and-milk production from a daily set of forages of dairy cows at summer pasturable keeping on gray forest soil of Ishim area. The researches of forages and meat-and-milk production were carried out in 2002–2010 in Abatsky Region of a forest-steppe zone of the South of Tyumen Region. The herd of black and motley cows of Ural offspring with milk yield of 4.2–5.3 thousands kg per lactation during summer period was on free pasture with mixed grass structure, in addition to green material animals received shredded grain mix of oats and peas. The measurement of specific activity of ^{137}Cs , ^{90}Sr and ^{210}Pb in samples of forages and meat and dairy production was carried out on USK “Gamma-plus”, with application of radiochemical analysis. The researches showed that accumulation of radioactive strontium, caesium and lead in green material of pasturable grass was 1.5–6 times higher, than in the grain of cereal and bean mix which was grown up on gray forest soil in Ishim area. In structure of the global radionuclides containing in a summer diet of dairy cows strontium-90 made 40.6 %, caesium-137 – 16.8 and lead-210 – 42.6 %. The percent of transition of radioactive caesium to milk from a daily diet in our experiments was higher, than strontium, in 3.3, and lead by 8 times, in meat – in 12.6 and 7.4 times respectively. The coefficients of transition of radioactive strontium and caesium in meat-and-milk production from summer diet, with the low content of these elements in stens, in the conditions of the South of Tyumen Region were 1.9–3.1 times less, than at high pollution by global radionuclides of vegetable forages.

Keywords: cattle, summer diet of dairy cows, technogenic radionuclides, coefficients of transition of nuclides to milk and meat of cows.

Введение. Повышение объема производства и обеспечение высокого качества животноводческой продукции связаны с внедрением в производство новейших методов радиационного контроля кормов и состояния организма животных с целью предупреждения заболеваемости скота. В развитии заразных и незаразных болезней животных важное значение имеет резистентность организма, которая обуславливается генетической и иммунологической устойчивостью клеток и может нарушаться в результате воздействия на эти системы различных токсикантов, в том числе излучений техногенных радионуклидов. Научные данные показывают, что повышение дозовых нагрузок на органы и ткани животных при поступлении в них таких веществ может вызывать генетические изменения в клетках и иммунологические сдвиги в организме [1, 2].

Даже действие малых доз радиации на биохимические структуры клеток способно вызывать так называемую «нестабильность генома», которая сопровождается фрагментацией молекул ДНК и вызывает снижение функциональной активности клеток, что влияет на устойчивость всего организма. Последствием таких изменений может стать, например, развитие вируса лейкоза в организме продуктивного скота [2–4].

В настоящее время основную роль в дополнительном облучении организма сельскохозяйственных животных играют радионуклиды искусственного происхождения стронций-90 и цезий-137, а также природный свинец-210, который попадает в трофические цепи питания скота после использования в аграрном секторе углеводородного сырья и удобрений, поэтому его распространение носит техногенный характер. Все три радионуклида долгоживущие, с периодом полураспада 28, 30 и 22 года соответственно. При хроническом поступлении этих радионуклидов в организм животных кратность накопления стронция и свинца значительно выше, чем цезия. Это связано с условиями депонирования этих элементов и скоростью их выведения из организма. После поступления во внешнюю среду эти вещества накапливаются в почве и воде сельскохозяйственных угодий, откуда они переходят в кормовые растения и дальше – в организм продуктивных животных, например молочных коров. Надо отметить, что система «почва–растение» является основным стартовым звеном для большинства пищевых цепочек, в которых формируется поток минеральных компонентов, в том числе радионуклидов, поглощаемых животными и человеком [5, 6].

Определяющим фактором накопления глобальных радионуклидов в организме молочных коров является степень загрязнения их рационов радиоактивными веществами. В свою очередь, поступление радионуклидов в корма зависит от их концентрации в почве, биологической доступности и миграционной способности в первом звене «почва–растение» трофической цепи. 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; от 0,042 до 0,110 Ки/км² по ¹³⁷Cs и от 0,115 до 0,158 Ки/км² по ²¹⁰Pb [6, 7].

Перераспределение радионуклидов в первичном звене трофической цепи в условиях сельскохозяйственного производства более сложное, чем на естественных угодьях, и является результатом биологических процес-

сов, пока недостаточно изученных. Например, известно, что даже на типовых почвах содержание радионуклидов в растениях одного вида может отличаться в 1,5–5 раз. Естественно, что на разных типах почв, с различными физико-химическими свойствами, накопление радиоактивных веществ в кормовых культурах будет проходить неодинаково [6, 8, 9].

Накопление радионуклидов в организме скота и переход их в мясо-молочную продукцию зависит от физиологического состояния животных, их продуктивности, состава рациона и его сбалансированности по минеральным элементам. Известно, что при выпасе коров на естественных пастбищах переход радиоактивных веществ в продукцию гораздо выше, чем на культурных травостоях [1, 8].

Территория юга Тюменской области включает несколько почвенно-климатических зон, которые характеризуются большим разнообразием типов почв и их агрохимическими свойствами. Такое разнообразие природных условий определяет высокую вариативность поступления глобальных радионуклидов в кормовые культуры даже в пределах одного района [2].

Цель работы. Изучение особенностей перехода в мясо-молочную продукцию радиоактивных изотопов стронция, цезия и свинца из суточного набора кормов молочных коров при летнем пастбищном содержании на серой лесной почве в условиях Приишимья.

Материалы и методы исследований. Исследования кормов и мясо-молочной продукции были проведены в 2002–2010 гг. в Абатском районе (ЗАО «Марай») лесостепной зоны юга Тюменской области. Кормовые угодья хозяйства были расположены в Приишимье на серой лесной почве со следующей характеристикой (слой 0–20 см): количество физической глины – 26,7 %; содержание гумуса – 3,49; валовое содержание кальция – 1,3; фосфора – 0,06; калия – 1,42; стабильного стронция – 0,019 и цезия – 0,00056 %; ёмкость поглощения почвы – 19,1 мг-экв/100 г, кислотность – 5,72. Агротехника возделывания кормовых культур в опытном хозяйстве по годам исследований была примерно одинаковой при четырехпольном севообороте.

Стадо черно-пестрых коров уральского отродья с удоем 4,2–5,3 тыс. кг молока за лактацию в летний период находилось на вольном выпасе с разнотравным составом, в дополнение к зеленой массе животные получали дробленую зерносмесь из овса и гороха.

Пробы зеленых кормов брали непосредственно на пастбище, а зерносмеси и мясо-молочной продукции для исследований на активность – на молочной ферме в летние сезоны. Измерение удельной активности (Ам, Бк/кг) цезия-137 в сырых пробах проводилось в геометрии Маринелли, сосуд 1 л, на приборном комплексе УСК «Гамма-плюс» ($\sigma = \pm 30\%$). Активность стронция-90 и свинца-210 определяли после озоления проб с применением радиохимического анализа на установке УМФ-1500М ($\sigma = \pm 25\%$). В ходе каждого исследования кормов, молока и мяса проводилось 5 измерений с расчетом средней величины активности. Коэффициент перехода (Кп) рассчитывали исходя из отношения активности ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs и ²¹⁰Pb в единице мясо-молочной продукции (Бк/кг) к их суммарной активности в растительной массе суточного рациона коров, выраженного в процентах.

Результаты исследований и их обсуждение. В таблице 1 приведены усредненные данные за несколько лет по содержанию глобальных радионуклидов (^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb) в летних рационах коров с одинаковым набором зеленых и концентрированных кормов, полученных на типовой почве. Из этих данных видно, что удельная активность ^{90}Sr в зеленом разнотравье на серой лесной почве была почти в 6 раз выше, чем в дробленой овсяно-гороховой зерносмеси, активность ^{210}Pb в разнотравье превышала активность в дробленном зерне в 3 раза, а в случае с ^{137}Cs – лишь в 1,5 раза. Такие результаты сравнения активности радионуклидов по видам кормов свидетельствуют о различии как в степени проникновения их в растительные культуры, так и накоплении различными частями растений. Данные таблицы также показывают, что основная масса радиоактивных веществ поступает в организм животных с пастбищной травой, так как в структуре летнего рациона она занимает основное место. Кро-

ме того, суммарная и удельная активность разнотравья выше, чем зерна злаковых и бобовых культур.

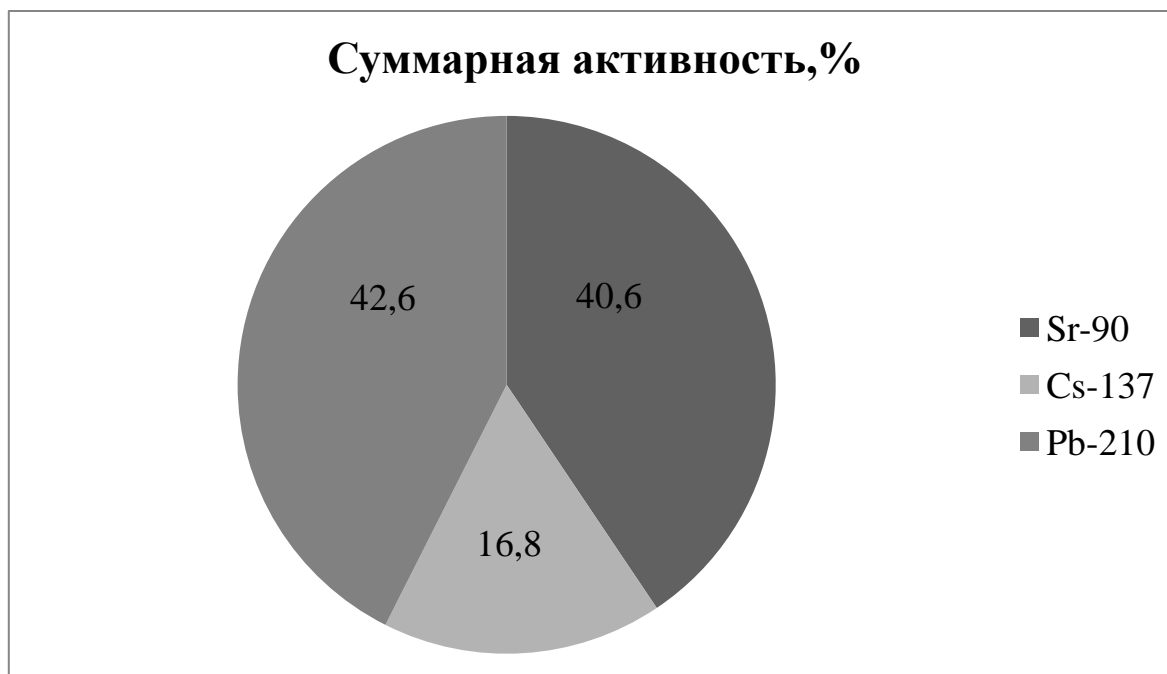
На рисунке изображена структура содержания техногенных радионуклидов в рационе молочных коров в летний пастбищный период. Суммарная активность стронция, поступившего за сутки в организм коров, выпасавшихся на естественном травостое, выраженная в процентах, составила 40,6, цезия – 16,8, а свинца – 42,6. При этом содержание радиоактивного стронция и свинца в кормовых растениях в абсолютных цифрах был почти в 2,5 раза больше, чем цезия, что говорит о более высокой концентрации подвижных форм данных радионуклидов в почве и внешней среде. Техногенный свинец в настоящее время может находиться также в воздухе и воде и проникать в растения не только из почвы, но и путем прямого всасывания с поверхности кутикулы после запыления и увлажнения растений, выпадая с осадками. Хорошо известно, что этот радионуклид является активным водным и воздушным мигрантом [6, 7].

Таблица 1

Активность глобальных радионуклидов в рационе молочных коров при летнем пастбищном содержании

Состав рациона	Суточная дача, кг	Активность радионуклидов					
		Sr-90		Cs-137		Pb-210	
		Am	ΣA	Am	ΣA	Am	ΣA
Трава злаково-разнотравная	42	1,84	77,3	0,74	31,08	1,91	80,22
Дерть овсяно-гороховая	3	0,31	0,93	0,48	1,44	0,61	1,83
Соль поваренная	0,1	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
Всего	45,1	1,73	78,23	0,72	32,52	1,82	82,05

Примечание. ΣA – суммарная активность, Бк.



Соотношение техногенных радионуклидов в летнем рационе молочных коров, %

Концентрация ^{210}Pb в сельскохозяйственных культурах линейно увеличивается с повышением его содержания в почвах за счет внесения свинца с минеральными

удобрениями. Так, по данным современных исследований, проведенных в Красноярском крае, средние дозы внесения минеральных удобрений составляли 75–88 кг/га

пашни. При этом содержание свинца в фосфатных удобрениях находилось на уровне 13,1 мг/кг, в калийных – 8, в комплексных – 7,5 мг/кг. В результате концентрация этого тяжелого металла, в состав которого входят и радиоактивные изотопы, достигала в почве 11,4 мг/кг, в зерне зернобобовых культур – 0,23, в зеленой траве – 0,21 мг/кг [5].

В таблице 2 отражены показатели суммарной и удельной активности ^{90}Sr , ^{137}Cs и ^{210}Pb в кормах летнего рациона и в мясо-молочной продукции, произведенной в данном хозяйстве, расположенном на указанном типе почвы. Приведенные данные показывают, что коэффициент перехода радиоактивного стронция в молоко (0,12) немного выше, чем в мясо (0,10) крупного рогатого скота,

переход цезия в молоко (0,40), наоборот, почти в 3 раза ниже, чем в мясо (1,26), а процент переход свинца в молоко (0,05) ниже, чем в мясо (0,17), в 3,4 раза. Из полученных данных следует, что стронций накапливается в большей степени в молоке коров, а цезий и свинец – в мясе животных. Если сравнивать показатели перехода радионуклидов в продукцию скотоводства между собой, то оказывается, что переход радиоактивного цезия в молоко из суточного рациона максимальный и превышает таковой показатель стронция в 3,3, а свинца в 8 раз, в мясо – в 12,6 и 7,4 раза соответственно, что свидетельствует о более высокой миграционной способности цезия во втором звене «корма – организм животного» трофической цепи.

Таблица 2

Коэффициенты перехода (Кп) радионуклидов из летнего рациона в мясо-молочную продукцию крупного рогатого скота, %

Показатель	Радионуклиды		
	^{90}Sr	^{137}Cs	^{210}Pb
Поступление в организм с рационом, ΣA , Бк	78,23	32,52	82,05
Ам в молоке, Бк/кг	0,09	0,13	0,04
Кп, % в молоко	0,12	0,40	0,05
Ам в мясе, Бк/кг	0,08	0,41	0,14
Кп, % в мясо	0,10	1,26	0,17

Результаты наших исследований в значительной степени отличаются от литературных данных [8]. Так, коэффициенты перехода стронция и цезия в мясо-молочную продукцию из летнего рациона, по приведенным в монографии данным, были в 1,9–3,1 раза выше, чем в наших опытах, и составляли 0,14 и 0,74 в молоко, 0,04 и 4,0 в мясо соответственно. Здесь надо учитывать, что авторы приводят цифры показателей перехода при высоком уровне загрязнения кормов радионуклидами, который наблюдался в зоне чернобыльских выпадений. Кроме того, как уже отмечалось нами в обзоре, на подвижность радионуклидов в разных звеньях пищевой цепи и процесс перехода их в сельскохозяйственную продукцию влияет очень большое число различных факторов. Поэтому даже при однотипных условиях содержания и кормления животных коэффициенты перехода, при хроническом поступлении радионуклидов в организм, могут иметь значительный размах варьирования, особенно у разных возрастных групп скота и с разной продуктивностью. Эти особенности необходимо учитывать при оценке радиационной ситуации на конкретной территории и при прогнозировании ее развития.

Выводы

1. Накопление радиоактивного стронция, цезия и свинца в зеленой массе пастбищной травы в 1,5–6 раз выше, чем в зерне злаково-бобовой смеси, выращенном на серой лесной почве в Пришимье.
2. В структуре глобальных радионуклидов, содержащихся в летнем рационе молочных коров, стронций-90

составляет 40,6 %; цезий-137 – 16,8 и свинец-210 – 42,6 %.

3. Процент перехода радиоактивного цезия в молоко из суточного рациона выше, чем стронция, в 3,3, а свинца в 8 раз, в мясо – в 12,6 и 7,4 раза соответственно.

4. Коэффициенты перехода радиоактивных стронция и цезия в мясо-молочную продукцию из летнего рациона, с низким содержанием этих элементов в кормах, в условиях юга Тюменской области в 1,9–3,1 раза меньше, чем при высоком загрязнении глобальными радионуклидами растительных кормов.

Литература

1. Михеева Е.А. Влияние малых доз ионизирующего излучения на показатели крови крупного рогатого скота // Зоотехния. – 2006. – № 7. – С. 24–26.
2. Окунев А.М. Параметры техногенного облучения крупного рогатого скота на юге Тюменской области // Сб. науч. тр. ВНИИВЭА. – 2007. – № 49. – С. 154–159.
3. Гилева Э.В. Оценка мутагенного эффекта загрязнений внешней среды в Каменском районе Свердловской области // Тез. докл. науч.-практ. конф. – Екатеринбург, 1993. – С. 14–15.
4. 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.

5. *Волошин Е.И.* Баланс микроэлементов и тяжелых металлов в агроценозах Красноярского края // Вестн. КрасГАУ. – 2017. – № 3. – С. 21–28.
6. *Молчанова И.В., Караваяева Е.Н.* Эколого-геохимические аспекты миграции радионуклидов в почвенно-растительном покрове. – Екатеринбург, 2001. – 160 с.
7. Агроэкологическая характеристика пахотных почв РФ по данным локального мониторинга / *В.Г. Сычев, В.Г. Пякощиков, А.В. Кузнецов* [и др.] // Сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф. – Казань: Изд-во КГТУ, 2001. – С. 14–34.
8. Ведение животноводства в условиях радиоактивно-го загрязнения среды / *Н.П. Лысенко, А.Д. Пастернак, Л.В. Рогожина* [и др.]. – СПб.: Лань, 2005. – 240 с.
9. *Подольяк А.Г., Тимофеев С.Ф., Персикова Т.Ф.* Переход цезия-137 и стронция-90 в травостои низинных лугов на торфяно-болотных почвах // *Агрохимия*. – 2004. – № 11. – С. 63–70.
3. *Gileva Je.V.* Ocenka mutagenogogo jeffekta zagrzaznenij vneshnej sredy v Kamenskom rajone Sverdlovskoj oblasti // *Tez. dokl. nauch.-prakt. konf.* – Ekaterinburg, 1993. – S. 14–15.
4. *Demina Je.A.* Modifikacija citogeneticheskikh jeffektov, inducirovannyh radiaciej v malyh dozah // *Hronicheskoe radiacionnoe vozdejstvie: jeffekty malyh doz: tez. dokl. IV mezhdunar. konf.* – Cheljabinsk, 2010. – S. 112–114.
5. *Voloshin E.I.* Balans mikrojelementov i tzhzhelyh metallov v agrocenozah Krasnojarskogo kraja // *Vestn. KrasGAU*. – 2017. – № 3. – S. 21–28.
6. *Molchanova I.V., Karavaeva E.N.* Jekologo-geohimicheskie aspekty migracii radionuklidov v pochvenno-rastitel'nom pokrove. – Ekaterinburg, 2001. – 160 s.
7. *Agrojekologicheskaja harakteristika pahotnyh pochv RF po dannym lokal'nogo monitoringa* / *V.G. Sychev, V.G. Pjashchikov, A.V. Kuznecov* [i dr.] // *Sb. dokl. Vseros. nauch.-prakt. konf.* – Kazan': Izd-vo KGTU, 2001. – S. 14–34.
8. *Vedenie zhivotnovodstva v uslovijah radioaktivnogo zagrzaznenija sredy* / *N.P. Lysenko, A.D. Pasternak, L.V. Rogozhina* [i dr.]. – SPb.: Lan', 2005. – 240 s.
9. *Podoljak A.G., Timofeev S.F., Persikova T.F.* Perehod cezija-137 i stroncija-90 v travostoi nizinnih lugov na torfjano-bolotnyh pochvah // *Agrohimiya*. – 2004. – № 11. – S. 63–70.

Literatura

1. *Miheeva E.A.* Vlijanie malyh doz ionizirujushhego izlucheniya na pokazateli krovi krupnogo rogatogo skota // *Zootehniya*. – 2006. – № 7. – S. 24–26.
2. *Okunev A.M.* Parametry tehnogennogo oblucheniya krupnogo rogatogo skota na juge Tjumenskoj oblasti // *Sb. nauch. tr. VNIIVJeA*. – 2007. – № 49. – S. 154–159.

УДК 631.416:546.7/8

К.С. Горлушкина, С.Э. Бадмаева

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ г. КРАСНОЯРСКА

K.S. Gorlushkina, S.E. Badmaeva

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE SOILS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES OF KRASNOYARSK

Горлушкина К.С. – асп. каф. кадастра застроенных территорий и планировки населенных мест Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: miss.kristy@mail.ru

Бадмаева С.Э. – д-р биол. наук, проф., зав. каф. кадастра застроенных территорий и планировки населенных мест Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: s.bad55@mail.ru

Gorlushkina K.S. – Post-Graduate Student, Chair of Inventory of Built-up Territories and Layout of Populated Areas, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: miss.kristy@mail.ru

Badmaeva S.E. – Dr. Biol. Sci., Prof., Head, Chair of Inventory of Built-up Territories and Layout of Populated Areas, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: s.bad55@mail.ru

В статье представлены материалы по техногенному загрязнению земель под влиянием промышленных выбросов предприятий КрасМаш, КрасТЭЦ-1 И РУСАЛ. Исследования проводились на территориях, прилегающих к этим промышленным предприятиям, в период 2015–2017 гг. Были установлены суммарные показатели загрязнения земель тяжелыми металлами на территориях исследуемых объектов. Представлены данные анализа загрязнения земель тяжелыми металлами. Проведен сравнительный анализ полученных данных к уровню предельно допустимой концентрации. Определены химические загряз-

нения и их рост по всем показателям почвы, которые были превышены в период 2015–2017 гг., это говорит о ежегодном формировании загрязнений в слоях почвы, степень которых необходимо количественно описывать и прогнозировать для проектирования и зонирования городских территорий. Также установлена взаимосвязь между суммарными показателями загрязнителей почв. Загрязненность почв тяжелыми металлами и другими поллютантами была охарактеризована в границах исследуемых территорий путем математических вычислений и метода оседания. Далее дана комплексная оценка