



Научная статья/Research Article

УДК 504.61

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-7-143-149

Лилия Евгеньевна Тюрина^{1✉}, Арина Сергеевна Федотова²

^{1,2}Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹lilija-tjurina@yandex.ru

²krasfas@mail.ru

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ИСТОЧНИКОВ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Цель исследования – определить радиационную безопасность источников минеральных веществ Красноярского края, используемых для кормления сельскохозяйственных животных. Объекты исследования – сырьевые ресурсы Красноярского края, используемые в рационах сельскохозяйственных животных. Оценена удельная активность ЕРН в белитовом шламе – промышленном отходе Ачинского глиноземного комбината; окисленном буром угле Балахтинского месторождения и вермикулите Татарского месторождения. Определение удельной активности естественных радионуклидов осуществляли в условиях лаборатории радиационного контроля «ШАНЭКО Сибирь». Измерения удельной активности ЕРН в пробах проводили на гамма-спектрометре МКГБ-01 «РАДЭК» и дозиметре-радиометре МКС-АТ6130. Нормативно-методическая документация, определяющая порядок выполнения измерений: ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов»; Методика измерений удельной активности природных радионуклидов, цезия-137, стронция-90 в пробах объектов окружающей среды и продукции предприятий с применением спектрометра-радиометра гамма и бета-излучений МКГБ-01 «РАДЭК» и гамма-спектрометра МКСП-01 «РАДЭК» (аттестована ФГУП ВНИИМ, свидетельство № 126/210-(01.00250-2008)-2011). Условия проведения измерений: $T_{\text{возд.}} = +20...21$ °С, $P = 743-746$ мм рт. ст., влажность – 25 %. Измерения проводились в геометрии сосуда Маринелли, время измерения – 3600 с, мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения на поверхности контейнера (счетного образца) – 0,10–0,11 мкЗв/ч (без вычета гамма-фона площадки измерения). Образцы минеральных веществ на основании результатов гамма-спектрометрии, согласно п. 5.3.4. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009», по показателям радиационной безопасности относятся к материалам I класса. Эффективная активность природных радионуклидов ($A_{\text{эфф}}$) белитового шлама – менее 51,6 Бк/кг; вермикулита – $126,2 \pm 11,1$; окисленного бурого угля – менее 28,5 Бк/кг. Согласно СанПиН 2.6.1.2800-10, тестируемые источники минеральных веществ относят к производственным отходам 1-й категории. Белитовый шлам – промышленный отход Ачинского глиноземного комбината, окисленный бурый уголь Балахтинского месторождения, вермикулит Татарского месторождения не увеличивают суммарную поглощенную дозу сельскохозяйственных животных, это позволяет использовать их в качестве кормовой добавки.

© Тюрина Л.Е., Федотова А.С., 2022

Вестник КрасГАУ. 2022. № 7. С. 143–149.

Bulliten KrasSAU. 2022;(7):143–149.

Ключевые слова: вермикулит, окисленный бурый уголь, белитовый шлам, естественные радионуклиды, калий-40, радий-226, торий-232

Для цитирования: Тюрин Л.Е., Федотова А.С. Радиационная безопасность источников минеральных веществ Красноярского края для сельскохозяйственных животных // Вестник КрасГАУ. 2022. № 7. С. 143–149. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-7-143-149.

Lilia Evgenievna Tyurina^{1✉}, Arina Sergeevna Fedotova²

^{1,2}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹lilija-tjurina@yandex.ru

²krasfas@mail.ru

THE KRASNOYARSK REGION MINERAL SOURCES RADIATION SAFETY FOR FARM ANIMALS

The purpose of the study is to determine the radiation safety of the sources of mineral substances in the Krasnoyarsk Region used for feeding farm animals. The objects of study are the raw materials of the Krasnoyarsk Region used in the diets of farm animals. The specific activity of NRN in belite sludge, an industrial waste from the Achinsk alumina refinery, was estimated; oxidized brown coal of the Balakhtinskoye deposit and vermiculite of the Tatar deposit. Determination of the specific activity of natural radionuclides was carried out in the conditions of the radiation monitoring laboratory "SHANECO Sibir". Measurements of the specific activity of NRN in the samples were carried out on a gamma spectrometer MKGB-01 RADEK and a dosimeter-radiometer MKS-AT6130. Regulatory and methodological documentation that determines the procedure for performing measurements: GOST 30108-94 "Construction materials and products. Determination of specific effective activity of natural radionuclides"; Methodology for measuring the specific activity of natural radionuclides, cesium-137, strontium-90 in samples of environmental objects and products of enterprises using the spectrometer-radiometer of gamma and beta radiation MKGB-01 RADEK and the gamma spectrometer MKSP-01 RADEK (certified FSUE VNIIM, certificate No. 126/210-(01.00250-2008)-2011). Measurement conditions: Tair = +20...21 °C, P = 743–746 mm Hg. Art., humidity – 25 %. The measurements were carried out in the geometry of the Marinelli vessel, the measurement time was 3600 s, the ambient dose equivalent rate of gamma radiation on the surface of the container (counting sample) was 0.10–0.11 μSv/h (without deducting the gamma background of the measurement site). Samples of mineral substances based on the results of gamma spectrometry, according to paragraph 5.3.4. SanPiN 2.6.1.2523-09 "Radiation Safety Standards NRB-99/2009", in terms of radiation safety, they refer to class I materials. The effective activity of natural radionuclides (Aeff) of belite sludge is less than 51.6 Bq/kg; vermiculite – 126.2±11.1; oxidized brown coal – less than 28.5 Bq/kg. According to SanPiN 2.6.1.2800-10, the tested sources of mineral substances are classified as industrial waste of the 1st category. Belite sludge is an industrial waste of the Achinsk alumina refinery, oxidized brown coal of the Balakhta deposit, vermiculite of the Tatar deposit do not increase the total absorbed dose of farm animals, this allows them to be used as a feed additive.

Keywords: vermiculite, oxidized brown coal, belite sludge, radionuclides, potassium-40, radium-226, thorium-232

For citation: Tyurina L.E., Fedotova A.S. The Krasnoyarsk Region mineral sources radiation safety for farm animals // Bulliten KrasSAU. 2022;(7): 143–149. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-7-143-149.

Введение. В настоящее время развитие промышленности, применение новых технологий в кормопроизводстве, отсутствие надзора за процессами утилизации производственных отходов приводит к попаданию различных по природе токсических веществ в почву и воду. Наличие токсических веществ в компонентах агробиоце-

нозов приводит к их миграции в корма животного и растительного происхождения и в продукцию животноводства [1]. К токсическим веществам традиционно относят сложные органические вещества, тяжелые металлы (свинец, ртуть, кадмий, медь и др.), естественные и антропогенные радионуклиды. Токсические вещества, находящие-

ся в компонентах рациона, всасываются в желудочно-кишечном тракте и включаются в метаболические процессы организма. В зависимости от тропизма и растворимости могут достаточно долго находиться в клетках тканей и органов, изменяя их функциональную активность. Наличие токсических веществ в рационе животных имеет значимое влияние на здоровье и продуктивность настоящего и будущего поколений сельскохозяйственных животных [2].

Природный радиоактивный фон складывается из двоякого рода источников – внешних и внутренних. Внешние источники – это первичное и вторичное космическое излучение, гамма-фон, формируемый природными радионуклидами почвы, воды, воздуха, строительных материалов. К внутренним источникам относят естественные радионуклиды (ЕРН): ^{40}K , ^{226}Ra , ^{14}C , ^3H и др., – в организме животных. ЕРН в организм животных постоянно поступают с кормом, водой и воздухом. Внешние и внутренние источники формируют поглощенную дозу ионизирующего излучения. Величина поглощенной дозы определяется характеристикой пород, слагающих верхний слой литосферы, и размещением биологического объекта относительно географической широты и высоты над уровнем моря [3].

Естественные радионуклиды – радиоактивные вещества природного происхождения, входящие в состав абиотических компонентов внешней среды. К особо значимым ЕРН относят: уран (^{238}U), торий (^{232}Th), калий-40 (^{40}K), тритий (^3H), углерод-14 (^{14}C) и др. [4].

Изотоп ^{40}K (период полураспада $1,28 \cdot 10^9$ лет) относят к группе наиболее значимых радионуклидов, удельная активность ^{40}K в литосфере превышает суммарную активность всех других ЕРН. Изотоп ^{40}K хорошо рассеян в почвах, имеет высокую миграционную активность в большинстве почв, однако в глинистых минералах благодаря процессам сорбции фиксируется прочно. В биологических объектах удельная активность ^{40}K превышает концентрацию изотопов уранового и ториевого семейств.

Изотоп ^{232}Th (период полураспада $1,41 \cdot 10^{10}$ лет) является родоначальником радиоактивного семейства, его относят к группе наиболее значимых в радиологическом отношении радионуклидов. Распад ^{232}Th сопровождается образованием альфа-частицы. Концентрация ^{232}Th в

объектах агробиоценозов увеличивается при внесении фосфорных удобрений, удельная активность ^{232}Th в удобрениях – 1,5–25 Бк/кг.

^{226}Ra (период полураспада 1602 г.), – это альфа- и гамма-излучатель, изотопы радия образуются в цепи распада изотопов урана и тория. Для ^{226}Ra в природе характерно рассеянное состояние. ^{226}Ra не входит в состав минералов, он широко представлен в виде включений во многих образованиях [5].

При организации кормления животных и птицы необходимо контролировать сбалансированность рациона, содержание питательных и токсических веществ. При использовании природных минеральных веществ необходимо контролировать удельную активность естественных радионуклидов [6].

Для снижения концентрации токсических веществ в кормах и кормовых добавках и их отрицательного действия на организм сельскохозяйственных животных и птицы необходимо осуществлять контроль качества и безопасности кормов, применять различные технологические приемы в кормлении, такие как использование сорбентов: вермикулит, бентонитовые глины, цеолиты и др. [7].

Красноярский край – один из немногих субъектов Российской Федерации, способных обеспечить себя практически всеми видами минерального сырья. Минерально-сырьевая база края включает свыше 1300 месторождений и перспективных проявлений более чем 80 видов полезных ископаемых. К ним относятся: торф, вермикулит, окисленный бурый уголь, бокситы, бентониты, цеолиты и др. [8].

На территории Красноярского края имеется значительное количество природных аномалий и рудопроявлений урана и тория, обусловленное высоким содержанием ЕРН в породах. На большей части края радиационная обстановка определяется природными источниками, которые полностью зависят от геологического строения территории и слагающих ее горных пород. На юге края располагается Алтае-Саянская складчатая область в составе Восточного и Западного Саян, Кузнецкого Алатау и Енисейского кряжа с межгорными впадинами. Горные породы представлены разновозрастными породами с различной концентрацией ЕРН.

К природным аномалиям Красноярского края относят Усть-Ангарскую аномалию, россыпь монацитов на р. Тарака, рудопоявление урана в мкр. Северный г. Минусинска и с. Кавказкое Минусинского района [4].

В недрах подтаежной, лесостепной зон края находятся девять артезианских бассейнов: Ангаро-Канский, Ангаро-Ленский, Аргинский, Восточно-Саянский, Назаровский, Рыбинский, Солгонский, Чебаково-Балахтинский и Чулымский. В этих бассейнах распространены все известные типы радиоактивных природных подземных вод. В лесостепной зоне Красноярского края особого внимания заслуживает Рыбинский артезианский бассейн, так как в его составе имеется 7 месторождений подземных вод, которые служат источником водоснабжения густонаселенных районов края – Березовского, Иланского, Ирбейского, Канского, Манского, Партизанского, Рыбинского, Саянского и Уярского. В пределах этого артезианского бассейна выявлены многочисленные радиоактивные гидроаномалии, в том числе Березовская, Канская и Красноярская [1, 9].

Цель исследования – определить радиационную безопасность источников минеральных веществ Красноярского края, используемых для кормления сельскохозяйственных животных.

Объекты и методы. Объектами исследования являлись сырьевые ресурсы Красноярского края, используемые в рационах сельскохозяйственных животных. Оценена удельная активность ЕРН в белитовом шламе – промышленном отходе Ачинского глиноземного комбината; окисленном буром угле Балахтинского месторождения и вермикулите Татарского месторождения.

Определение удельной активности естественных радионуклидов осуществляли в условиях лаборатории радиационного контроля ОА «Группа Компаний ШАНЭКО» (АО «ГК ШАНЭКО»), «ШАНЭКО Сибирь» – филиал АО «ГК ШАНЭКО» в г. Красноярске. Для измерения использовался гамма-спектрометр МКГБ-01 «РАДЭК» и дозиметр-радиометр МКС-АТ6130.

Нормативно-методическая документация, определяющая порядок выполнения измерений:

1. ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффек-

тивной активности естественных радионуклидов».

2. Методика измерений удельной активности природных радионуклидов, цезия-137, стронция-90 в пробах объектов окружающей среды и продукции предприятий с применением спектрометра-радиометра гамма- и бета-излучений МКГБ-01 «РАДЭК» и гамма-спектрометра МКСП-01 «РАДЭК» (аттестована ФГУП «ВНИИМ», свидетельство № 126/210-(01.00250-2008)-2011).

Условия проведения измерений: $T_{\text{возд.}} = +20\text{--}21^\circ\text{C}$, $P = 743\text{--}746$ мм. рт. ст., влажность 25 %. Измерения проводились в геометрии сосуда Маринелли, время измерения – 3 600 с, мощность AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения на поверхности контейнера (счетного образца) – 0,10–0,11 мкЗв/ч (без вычета гамма-фона площадки измерения).

Результаты и их обсуждение. Для определения минерально-сырьевой базы подкормочного материала были выбраны объекты исследований из Красноярского края, такие как белитовый шлам, окисленный бурый уголь и вермикулит. Белитовый шлам представляет собой порошок серого цвета, получаемый в результате переработки и обогащения алюминийсодержащих глин, в своем составе содержит более 20 минеральных элементов. Окисленный бурый уголь – порошок черного цвета, отход угледобывающей промышленности, является источником минеральных веществ и гуминовых кислот. Минеральный состав вермикулита показал, что данное вещество может быть использовано как источник алюминия, магния, кремния, железа и кальция. Так, проанализировав химические составы исследуемых объектов, было выявлено в них различное содержание жизненно важных макро- и микроэлементов, необходимых для кормления сельскохозяйственных животных и птицы [7].

Кроме этого, в составе исследуемых объектов были обнаружены и изучены природные радионуклиды. Удельная активность природных радионуклидов в образцах местных сырьевых источников минеральных веществ представлена в таблице 1.

Удельная активность ЕРН в местных сырьевых источниках минеральных веществ Красноярского края

ЕРН	Удельная активность, Бк/кг		
	Белитовый шлам	Окисленный бурый уголь	Вермикулит
Радий-226 (²²⁶ R)	15,6±3,8	Менее 12,0	19,1±3,7
Торий-232 (²³² Th)	Менее 8,0	Менее 8,0	9,0±1,2
Калий-40 (⁴⁰ K)	284±35	68±14	1060±115

На основании анализа данных таблицы 1 можно сделать вывод, что все исследованные образцы, в соответствии с п. 5.3.4. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)», по показателям радиационной безопасности относятся к материалам I класса.

Согласно СанПиН 2.6.1.2800-10, все образцы относятся к категории производственных отходов. Основной характеристикой, определяющей потенциальную радиационную опасность произ-

водственных отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов для населения в производственных и коммунальных условиях, является эффективная удельная активность природных радионуклидов в отходах.

В зависимости от эффективной удельной активности природных радионуклидов в производственных отходах, содержащих только природные радионуклиды, они разделяются на три категории ($A_{эфф}$) (табл. 2).

Таблица 2

Классификация производственных отходов, содержащих природные радионуклиды

Класс	Эффективная активность природных радионуклидов ($A_{эфф}$), Бк/кг
I	$A_{эфф} \leq 1500$
II	$1500 < A_{эфф} \leq 10\ 000$
III	$A_{эфф} > 10\ 000$

Обращение с производственными отходами I категории в производственных условиях, включая их сбор, временное хранение, переработку и транспортирование, осуществляется без ограничений по радиационному фактору.

Расчет удельной активности проводили по формуле

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,3 \cdot A_{Th} + 0,09 \cdot A_K,$$

где A_{Ra} и A_{Th} – удельные активности ²²⁸Ra и ²³²Th, находящиеся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов; A_K – удельная активность ⁴⁰K (Бк/кг).

В результате расчета $A_{эфф}$ установлено что $A_{эфф}$ белитового шлама составила менее 51,6 Бк/кг, вермикулита – 126,2 ± 11,1 Бк/кг, окисленного бурого угля – менее 28,5 Бк/кг.

Заключение. На основании результатов исследования можно заключить, что использование в рационах сельскохозяйственных живот-

ных белитового шлама – промышленного отхода Ачинского глиноземного комбината; окисленного бурого угля Балахтинского месторождения и вермикулита Татарского месторождения не приведет к увеличению суммарной поглощенной дозы. Использование местных источников минеральных веществ в рационах не формирует негативных радиобиологических эффектов в организме животных.

Список источников

1. О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2000 году: государственный доклад / Комитет природных ресурсов по Красноярскому краю. Красноярск, 2001. 252 с.
2. Табаков Н.А., Скуковский Б.А., Тюрина Л.Е. Местные источники биологически активных веществ и их рациональное использование в кормлении сельскохозяйственных живот-

- ных: монография / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2017. 112 с.
3. Федотова А.С. Радиационная безопасность сельскохозяйственной продукции: учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2020. 226 с.
 4. Атлас современной радиационной обстановки на территории Красноярского края / М-во экологии и рационального природопользования Красноярского края. Красноярск, 2019. 84 с.
 5. Титаева Н.А. Ядерная геохимия: учебник. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ, 2000. 336 с.
 6. Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения: санитарные правила и нормативы / Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. М., 2011. 40 с.
 7. The effect of unconventional mineral mixtures on the nutrient digestibility of broiler chicken feed / L.E. Tyurina [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 72043.
 8. Научно-практические рекомендации по использованию минеральных смесей на основе местных сырьевых ресурсов в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы / Л.Е. Тюрин [и др.]; Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2021. 53 с.
 9. Резвицкий Е.В. Изучение распределения естественных радионуклидов в подземных водах Рыбинского артезианского бассейна / Краснояр. гос. ун-т. Красноярск, 2003. 56 с.
 1. О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2000 году: государственныj доклад / Комитет природных ресурсов по Красноярскому краю. Красноярск, 2001. 252 с.
 2. Tabakov N.A., Skukovskij B.A., Tyurina L.E. Mestnye istochniki biologicheski aktivnyh veschestv i ih racional'noe ispol'zovanie v kormlenii sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh: monografiya / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2017. 112 s.
 3. Fedotova A.S. Radiacionnaya bezopasnost' sel'skohozyajstvennoj produkcii: ucheb. posobie / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2020. 226 s.
 4. Atlas sovremennoj radiacionnoj obstanovki na territorii Krasnoyarskogo kraja / M-vo `ekologii i racional'nogo prirodopol'zovaniya Krasnoyarskogo kraja. Krasnoyarsk, 2019. 84 s.
 5. Titaeva N.A. Yadernaya geohimiya: uchebnik. 2-e izd. M.: Izd-vo MGU, 2000. 336 s.
 6. Gigenicheskie trebovaniya po ogranicheniyu oblucheniya naseleniya za schet prirodnyh istochnikov ioniziruyushego izlucheniya: sanitarnye pravila i normativy / Federal'nyj centr gigeny i `epidemiologii Rospotrebnadzora. M., 2011. 40 s.
 7. The effect of unconventional mineral mixtures on the nutrient digestibility of broiler chicken feed / L.E. Tyurina [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. S. 72043.
 8. Nauchno-prakticheskie rekomendacii po ispol'zovaniyu mineral'nyh smesej na osnove mestnyh syr'evykh resursov v kormlenii sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i pticy / L.E. Tyurina [I dr.]; Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2021. 53 s.
 9. Rezvickij E.V. Izuchenie raspredeleniya estestvennyh radionuklidov v podzemnyh vodah Rybinskogo artezianskogo bassejna / Krasnoyar. gos. un-t. Krasnoyarsk, 2003. 56 s.

References

1. О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2000 году: государственныj доклад / Комитет природных ресурсов

Статья принята к публикации 27.05.2022 / The article accepted for publication 27.05.2022.

Информация об авторах:

Лилия Евгеньевна Тюрина¹, доцент кафедры технологии переработки и хранения продуктов животноводства, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Арина Сергеевна Федотова², доцент кафедры внутренних незаразных болезней, акушерства и физиологии сельскохозяйственных животных, кандидат биологических наук

Information about the authors:

Lilia Evgenievna Tyurina¹, Associate Professor at the Department of Technology of Processing and Storage of Animal Products, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Arina Sergeevna Fedotova², Associate Professor at the Department of Internal Non-Contagious Diseases, Obstetrics and Physiology of Farm Animals, Candidate of Biological Sciences

