
Научная статья
УДК 612.014:614.8
EDN ZALJAB

Превентивное формирование оптимальных показателей эссенциальных микроэлементов в пищевых трофических цепочках в регионах размещения АЭС

Мария Андреевна Басова¹, молодой ученый
Научный руководитель – Геннадий Васильевич Козьмин², кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник
^{1,2}Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии НИЦ «Курчатовский институт»
¹maribasova97@mail.ru

Аннотация. Представлено обоснование возможностей использования превентивной оптимизации содержания в пищевых трофических цепочках эссенциальных микроэлементов на территориях дефицита йода и селена, характерных для многих регионов Российской Федерации, позволяющей в случае возникновения радиационных аварий снизить уровни внутреннего облучения организма сельскохозяйственных животных и населения.

Ключевые слова: радиационные аварии, радиоактивные изотопы йода, эссенциальные микроэлементы, противорадиационные мероприятия

Для цитирования: Басова М. А. Превентивное формирование оптимальных показателей эссенциальных микроэлементов в пищевых трофических цепочках в регионах размещения АЭС // Актуальные исследования молодых ученых – результаты и перспективы : материалы науч.-практ. конф. (Благовещенск, 8 февраля 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2024. С. 41–47.

Original article

Preventive formation of optimal indicators of essential mineral nutrient in food trophic chains in the regions where nuclear power plants are located

Maria A. Basova¹, a young scientist
Scientific supervisor – Gennady V. Kozmin², candidate of Biological Sciences, Associate Professor
^{1,2}Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute»
¹maribasova97@mail.ru

Abstract. The substantiation of the possibilities using preventive optimization of the content's essential mineral nutrients in food trophic chains in the territories of iodine and selenium deficiency, characteristic of many regions of the Russian Federation, which allows in the event of radiation accidents to reduce the levels of internal irradiation of farm animals and the population.

Keywords: radiation accidents, radioactive isotopes of iodine, essential mineral nutrients, anti-radiation measures

For Citation: Basova M. A. Preventivnoe formirovanie optimal'nykh pokazateley essentsial'nykh mikroelementov v pishchevykh troficheskikh tsepochkakh v regionakh razmeshcheniya AES [Preventive formation of optimal indicators of essential mineral nutrient in food trophic chains in the regions where nuclear power plants are located]. *Aktual'nye issledovaniya molodykh uchenykh – rezul'taty i perspektivy* : materialy nauch.-prakt. konf. (Blagoveshchensk, 8 fevralya 2024 g.). Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyy GAU, 2024, pp. 41–47. (in Russ.).

Сравнительно недолгий период использования атомной энергии в военных и мирных целях насчитывает не один десяток случаев неконтролируемого поступления во внешнюю среду больших количеств радиоактивных веществ и загрязнения обширных территорий. Особого внимания заслуживает острый период радиационных аварий, часто называемый периодом йодной опасности. Загрязнение внешней среды в результате аварий реакторного происхождения радиоактивными изотопами йода может оказать негативное влияние на здоровье сельскохозяйственных животных и вызвать превышение содержания радионуклидов в молоке и молочных продуктах.

Радиоактивные изотопы йода в острый период радиационной аварии являются источниками внутреннего облучения животных и населения, поступая в организм ингаляционным и пероральным путями. До 90 % дозы внутреннего облучения при пастбищном содержании жвачных животных обусловлено поступлением радионуклидов с загрязнённой пастбищной растительностью. В первые 2 – 3 суток основной вклад в дозу облучения вносят короткоживущие изотопы йода ^{132}I ($T_{1/2} = 2,3$ ч), ^{133}I ($T_{1/2} = 20,8$ ч), ^{134}I

($T_{1/2} = 52,5$ мин) и ^{135}I ($T_{1/2} = 6,57$ ч), в последующий период доза облучения определяется ^{131}I ($T_{1/2} = 8,02$ сут) [1].

Анализ последствий радиационной аварии на Чернобыльской АЭС показал, что степень радиационного воздействия радиоактивных изотопов йода на сельскохозяйственных животных и население существенно зависит от содержания стабильного йода в природной окружающей среде. В районах Полесской низменности, отличающейся низким содержанием стабильного йода, происходило повышенное поступление радиоактивных изотопов этого элемента в пищевые трофические цепи. Брянская (Россия) и Гомельская (Беларусь) области – районы, наиболее подверженные радиойодному воздействию. Установлено, что в условиях йододефицита накопление радиойода в щитовидной железе дойных коров до 10 раз и более выше по сравнению с животными, получавшими корма, содержавшие оптимальное для животных количество стабильного йода [2].

Многочисленные исследования показали возможность снижения уровней внутреннего облучения животных и человека с использованием средств фармакологической защиты животных, основанных на применении подкормок и специальных препаратов, содержащих стабильный йод. Использование таких препаратов наиболее эффективно при заблаговременном применении за несколько суток до аварийной ситуации или как можно более быстром введении в организм животного в начальной стадии аварии [3], что затруднительно, особенно в случае пастбищного содержания. Следует обратить внимание на то, что использование подкормок с KI или фармацевтических препаратов для данного сценария содержания животных, как для короткоживущих изотопов йода, так и для ^{131}I , непосредственно после радиоактивного загрязнения территории не столь эффективно по следующим двум причинам.

Первая причина связана с тем, что в условиях избыточного поступления йода в организм в составе подкормки наблюдается снижение накопления

щитовидной железой радиоактивных изотопов йода за счёт сокращения синтеза тиреоидных гормонов, которое происходит не мгновенно, а в течение первых двух суток (эффект Вольфа-Чайкова), то есть в течение такого времени, за которое уже успевает сформироваться поглощённая доза от короткоживущих изотопов йода [4].

Вторая причина связана с ингибированием кинетики метаболизма йода за счёт радиационного подавления экспрессии натрий-йодного симпортера (NIS), интермембранного белка, расположенного на базолатеральной мембране клеток ЩЖ и эпителиальных клеток и выполняющего функцию транспортировки йода. В настоящее время установлено, что радиационное подавление экспрессии NIS (*stunning effect*) наблюдается уже при дозах, составляющих ~0,5–3 Гр [5]. Дозы облучения щитовидной железы коров, полученные в период йодной опасности аварии на ЧАЭС, из хозяйств Хойникского района Гомельской области, находились в диапазоне значений от 40 до 125 Гр, а из хозяйств Брагинского района – в интервале 25–320 Гр [6].

Представленные обстоятельства побудили обратить внимание на превентивные возможности снижения уровней внутреннего облучения за счёт проведения на территориях, отличающихся дефицитом природного йода и сопредельных с районами размещения радиационно-опасных предприятий, мероприятий по оптимизации содержания в системе «почва-растения-животные» эссенциальных микроэлементов, способствующих снижению накопления радиоактивного йода в щитовидной железе, молоке и молочной продукции.

Одним из наиболее рациональных и экологически безопасных путей оптимизации йодного статуса является применение йодных микроудобрений. Обогащение йодом сельскохозяйственных растений может быть осуществлено с применением стандартных агрохимических технологий: внесение в почву вместе с минеральными удобрениями или опрыскиванием

растений раствором соли йода. Для оптимизации содержания йода в надземной биомассе кормовых растений наилучшим способом является некорневая обработка растений растворами йодистых солей (например, от 0,01 до 0,1 % раствор KI, 300 л на га) на поздних фазах вегетации, а для повышения содержания йода в подземных органах – внесение микроудобрений в почву.

В настоящее время в метаболических процессах наряду с йодом выделяется роль селена, подчеркивается целесообразность нормализации его уровня при различных заболеваниях. Йод и селен являются мощными иммуномодуляторами, природными антиоксидантами, эффективно защищающими организм от различного рода стрессов. Они необходимы для роста, нормальной работы мозга и репродуктивной системы организма. Часто дефицит в природной среде йода сопровождается и дефицитом селена, в связи с чем применяют удобрения, обогащенные селенатом натрия и селеносодержащие препараты для животных [7].

Эссенциальность селена для нормального метаболизма щитовидной железы хорошо известна. Селен является частью системы «глутатионпероксидазы – тиоредоксин редуктазы» (GPx/TrxR), которая участвует в метаболизме тиреоидных гормонов и обеспечивает защиту клеток от повреждающего действия перекиси водорода и свободных радикалов [8]. Каждая глутатионпероксидаза способна превращать потенциально опасные реактивные формы кислорода (например, H_2O_2 и гидроперекиси липидов) в безвредные соединения, что особенно важно в плане противорадиационной защиты организма [9].

Вывод. В районах сочетанного дефицита йода и селена, характерных для большинства регионов Российской Федерации, нормализация этих микроэлементов в трофических пищевых цепочках является важным условием поддержки гормонального статуса щитовидной железы населения и сельскохозяйственных животных. При этом возможно снижение внутреннего

облучения организма радиоактивными изотопами йода, что делает исследования возможностей сочетанной биофортификации пищевой трофической цепочки йодом и селеном приоритетными, поскольку такой подход может обеспечить недорогой и высокоэффективный способ улучшения йодного и селенового статуса и соответственно здоровья населения в регионах размещения радиационно-опасных объектов.

Список источников

1. Басова М. А. Денисова Э. Н., Кураченко Ю. А. Расчёт дозовых коэффициентов конверсии при поступлении с кормом радиоактивных изотопов йода в организм крупного рогатого скота // Ядерно-физические методы и технологии в сельском хозяйстве : сборник докладов междунар. науч.-практ. конф. Обнинск: ВНИИРАЭ. 2020. С. 122–125. EDN [LANJKA](#)
2. Манукало С. А., Шантыз А. Х. Йодная недостаточность в животноводстве // Ветеринария Кубани. 2010. № 5. С. 7–8. EDN [MVXJOP](#)
3. Василенко И. Я. Радиационная опасность радиоизотопов йода // Атомная энергия. 1987. Т. 62. Вып. 4. С. 245–248.
4. Шеремета М. С., Трухин А. А., Корчагина М. О. Применение радиоактивных веществ в медицине – история и перспективы развития // Проблемы эндокринологии. 2021. 67(6). с. 59–67. <https://doi.org/10.14341/probl12824>
5. Lundh Ch., Lindencrona U., Postgard P., Carlsson T., Nilsson M., Forssell-Aro E. Radiation-Induced Thyroid Stunning: Differential Effects of ^{123}I , ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, and ^{211}At on Iodide Transport and NIS mRNA Expression in Cultured Thyroid Cells // The Journal of Nuclear Medicine. 2009. vol. 50. no. 7. pp. 1161–1167. <https://doi.org/10.2967/jnumed.108.061150>
6. Ястребков Ю. А., Бударков В. А., Василенко И. Я. Оценка поглощённых доз у крупного рогатого скота в течение первого года после аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная биология. Радиоэкология. 1995. Т. 35. № 6. С. 845–850.
7. Бирюкова Е. В. Современный взгляд на роль селена в физиологии и патологии щитовидной железы // Эффективная фармакотерапия. 2017. № 8. С. 34–41. EDN [YGXVYL](#)
8. Schomburg L. Selenium, selenoproteins and the thyroid gland: interactions in health and disease // Nat. Rev. Endocrinol. 2011. vol. 8. no. 3. pp. 160–171. DOI: [10.1038/nrendo.2011.174](https://doi.org/10.1038/nrendo.2011.174)
9. Кудряшов Ю. Б. Радиационная биофизика. Москва : ФИЗМАТЛИТ. 2004. 448 с.

References

1. Basova M. A. Denisova E. N., Kurachenko Yu. A. Raschet dozovykh koeffitsientov konversii pri postuplenii s kormom radioaktivnykh izotopov yoda v organizm krupnogo rogatogo skota [Calculation of dose conversion factors when introduced radioactive iodine isotopes with eatable in the cattle organism]. *Yaderno-fizicheskie metody i tekhnologii v sel'skom khozyaystve : sbornik dokladov mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* Obninsk, VNIIRAE, 2020, pp. 122–125. (in Russ.). EDN [LANJKA](#)
2. Manukalo S. A., Shantyz A. Kh. Yodnaya nedostatochnost' v zhivotnovodstve [Iodine deficiency in livestock]. *Veterinariya Kubani.* 2010;5:7–8. (in Russ.). EDN [MVXJOP](#)
3. Vasilenko I. Ya. Radiatsionnaya opasnost' radioizotopov yoda [Radiation hazards of iodine radioisotopes]. *Atomnaya energiya.* 1987;62(4):245–248. (in Russ.).
4. Sheremeta M. S., Trukhin A. A., Korchagina M. O. Primenenie radioaktivnykh veshchestv v meditsine – istoriya i perspektivy razvitiya [Use of radioactive substances in medicine – history and prospects of development]. *Problemy endokrinologii.* 2021;67(6):59–67. (in Russ.). <https://doi.org/10.14341/probl12824>
5. Lundh Ch., Lindencrona U., Postgard P., Carlsson T., Nilsson M., Forssell-Aro E. Radiation-Induced Thyroid Stunning: Differential Effects of ^{123}I , ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, and ^{211}At on Iodide Transport and NIS mRNA Expression in Cultured Thyroid Cells. *The Journal of Nuclear Medicine.* 2009;50(7):1161–1167. <https://doi.org/10.2967/jnumed.108.061150>
6. Yastrebkov Yu. A., Budarkov V. A., Vasilenko I. Ya. Otsenka pogloshchennykh doz u krupnogo rogatogo skota v techenie pervogo goda posle avarii na Chernobyl'skoy AES [Estimation of absorbed doses in cattle during the first year after the Chernobyl accident]. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya.* 1995;35(6):845–850. (in Russ.).
7. Biryukova E. V. Sovremennyy vzglyad na rol' selena v fiziologii i patologii shchitovidnoy zhelezy [A contemporary view on a role played by selenium in physiology and pathology of the thyroid gland]. *Effektivnaya farmakoterapiya.* 2017;8:34–41. (in Russ.). EDN [YGXVYL](#)
8. Schomburg L. Selenium, selenoproteins and the thyroid gland: interactions in health and disease. *Nat. Rev. Endocrinol.* 2011;8(3):160–171. DOI: [10.1038/nrendo.2011.174](https://doi.org/10.1038/nrendo.2011.174)
9. Kudryashov Yu. B. Radiatsionnaya biofizika [Radiation biophysics]. Moscow, FIZMATLIT, 2004, 448 p. (in Russ.).

© Басова М. А., 2024

Статья поступила в редакцию 26.01.2024; одобрена после рецензирования 16.02.2024; принята к публикации 06.03.2024.

The article was submitted 26.01.2024; approved after reviewing 16.02.2024; accepted for publication 06.03.2024.