

Th, U И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ОРГАНИЗМЕ МЛЕКОПИТАЮЩИХ НА ПРИМЕРЕ СВИНЬИ ДОМАШНЕЙ (*Sus scrofa domestica*)

А. Бебяновская, Е. В. Агеева, М. Рулик

Томский политехнический университет
Томск, Россия, aib28@tpu.ru

Th, U AND RARE EARTH ELEMENTS IN THE MAMMALIAN ORGANISM IN THE EXAMPLE OF THE DOMESTIC PIG (*Sus scrofa domestica*)

A. Belyanovskaya, E. V. Ageeva, M. Rulik

Tomsk polytechnic university
Tomsk Russia, aib28@tpu.ru

In the article, the median concentration of U, Th and the sum of the rare earth elements (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) in the biomaterial of Domestic pig is provided in Pavlodar oblast' (Kazakhstan). 32 samples of biomaterial are analyzed with the neutron activation analysis. The median value of U is 0.5 ppm, of Th is 0.09 ppm. The leading role of the colon in the U, Th, and REE accumulation is highlighted.

Введение

Изучение накопления радиоактивных элементов объектами живой природы стало актуальным в настоящие дни в связи с бурным развитием промышленности [1]. Радиоактивные и редкоземельные элементы активно поступают в окружающую среду при сжигании высокозольных углей [2, 3]. Повышенное их накопление в объектах природной среды свидетельствует о наличии антропогенных источников загрязнения или природных аномалий [4, 5].

Вместе с Th и U в работе рассматриваются редкоземельные элементы – РЗЭ (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) в связи с их схожими химическими свойствами и величиной ионных радиусов [6].

Организмы животных рассматриваются для изучения состояния среды обитания, как доказанные ее индикаторы [7–9]. Роль отдельных органов, как биогеохимических барьеров [10] в избирательном концентрировании элементов, делает их показательными инструментами для геоэкологических исследований территорий. В данном исследовании особое внимание было посвящено накоплению элементов в тканях барьерных органов.

Элементный состав организма Свиньи домашней *Sus scrofa domestica* исследуется как аналог организма человека – конечной цели любого биомониторинга.

Исследуемая территория – город Экибастуз Павлодарской области (Казахстан), как зона, в которой сочетаются природные и антропогенные источники поступления Th, U, РЗЭ, несущие потенциальную опасность для здоровья местного населения. На территории города находится Майкюбинский бурогольный бассейн, представляющий потенциальную радиологическую опасность [11]. В непосредственной близости от жилой зоны расположены предприятия

топливной промышленности – ТЭЦ, которые работают на местном высокозольном угле. На территории города также находится множество неорганизованных источников загрязнения, таких как золоотвалы, отработанные угольные карьеры [12].

Обозначенные выше природно-техногенные особенности территории обитания животных определяют актуальность данного исследования.

Материалы и методы

Исследование проводилось на территории Казахстана (город Экибастуз Павлодарская область).

В работе исследовались животные вида Свинья домашняя *Sus scrofa domestica* в возрасте до 1 года. Пробы проводились сотрудниками Отделения геологии Томского политехнического университета в 2017 г. Органы и ткани животного отбирались стерильными инструментами из медицинской стали, сразу после забоя, пробы массой 100 г упаковывались в пластиковые пакеты и замораживались. Всего отобрано 32 пробы. Для детального исследования желудочно-кишечного тракта были выбраны органы каждого отдела кишечного тракта от начала и до конца органа: 8 проб тонкого, 4 пробы толстого, 6 проб прямого кишечника, были также отобраны образцы желудка и глотки (всего проанализировано 20 проб по 20 см каждая).

Изучение содержания радиоактивных и редкоземельных элементов проводилось методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) на базе исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т; аналитики – с.н.с. А. Ф. Судыко и Л. Ф. Богутская).

Статистическая обработка обобщение полученного аналитического материала проводилась на персональном компьютере с помощью офисного пакета Microsoft Office (Excel, Word 2013). Рассчитывались

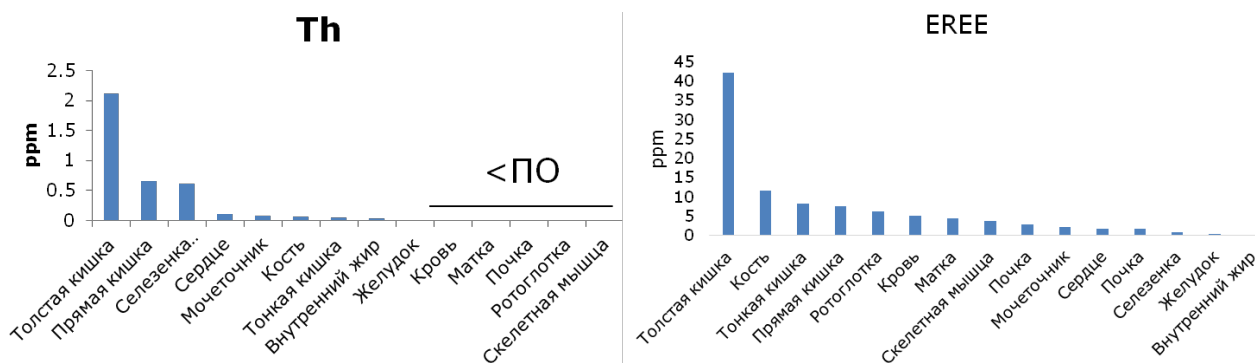


Рис. 1. Накопление Th и сумма РЗЭ (EREE) в органах и тканях Свины домашней (*Sus scrofa domestica*), Павлодарская область, (мг/кг зольного остатка)

< ПО – ниже предела обнаружения

такие показатели как медианное значение, минимум, максимум и сумма содержаний РЗЭ в пробах биоматериала.

Результаты и их обсуждение

Химический анализ биоматериала позволил получить данные о содержании радиоактивных и редкоземельных элементов в органах исследуемого животного (табл. 1).

Таблица 1. Концентрация радиоактивных и суммы редкоземельных элементов в организме Свины домашней *Sus Scrofa domestica*

| X/э | X (min...max) |
|------|----------------------|
| | Павлодарская область |
| Th | 0,09 (0,04...2,1) |
| U | 0,5 (0,4...1,2) |
| EREE | 3,6 (0,14...42) |

Анализируя валовые содержания элементов, отмечается, что биоматериал из Павлодарской области имеет торий-урановое отношение равное 0,2, и может характеризоваться как низкое [13].

В сравнении с опубликованными данными по Томской области [5, 14], медианное содержание тория равно 0,04 мг/кг, значение для Экибастуза характеризуется как относительно повышенное. Сумма РЗЭ в сравнении с опубликованными данными тоже может быть охарактеризована как повышенная: для Томской области оно составляет 0,13 мг/кг.

Из выборки исследованных органов и тканей, отмечается, что накопление тория и редкоземельных элементов в организме животного происходит преимущественно в барьере толстого кишечника (рис. 1). РЗЭ аккумулируются тканями всех отделов кишечника и активно депонируют в кости.

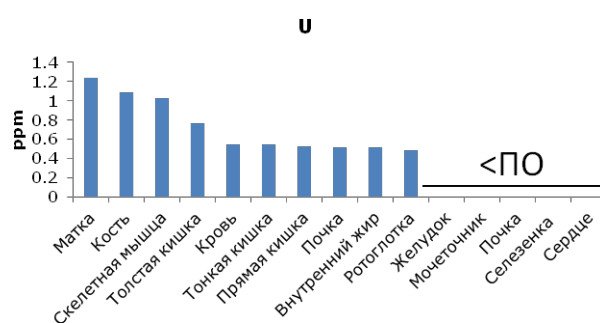


Рис. 2. Накопление U в органах и тканях Свины домашней (*Sus scrofa domestica*), Павлодарская область, (мг/кг зольного остатка)

< ПО – ниже предела обнаружения

Уран в выборке концентрируется несколько иначе (рис. 2). На первое место выходят органы половой системы, что предполагает его поступление в виде нерастворимых белковых соединений в четырехвалентной форме [15].

Отмечается факт наиболее интенсивного накопления изучаемых элементов в толстом кишечнике, где всасывается основная масса воды [16, 17], что предполагает их поступление в водорастворимой форме. Согласно исследованиям накопи питьевых вод на территории Павлодарской области, РЗЭ являются характерными для накопи из г. Экибастуз [11].

Полученные данные подтверждают роль кишечника в аккумуляции химических элементов. Физиологические же особенности строения кишечного тракта позволяют строить гипотезы о формах и путях поступления и выведения элементов в организме.

Источники финансирования

Аналитические исследования выполнялись при поддержке гранта РФ № 20-64-47021.

Обработка статистических данных выполнялась при поддержке Государственной программы РФ «Наука», проект FSWW-35 0022-2020.

Литература

1. Рихванов Л. П. et al. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения / ed. Бакиров А. Г. – Томск: ИП Серкова Т. И., 2006. – 216 р.
2. Сембаев Ж. Х. Экологическая характеристика состояния окружающей среды г. Экибастуз // Вестник КазНМУ, 2014. – Vol. 3. – № 3. – P. 225–230.
3. Arbuzov S. I., et al. Rare-earth elements (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu) in the coals of the North Asia (Siberia, Russian Far East, North China, Mongolia, Kazakhstan) // Geosfernye Issled, 2017. – № 4. – P. 6–27.
4. Escareño-Juarez E. et al. Baseline thorium concentration and isotope ratios in topsoil of Zacatecas State, Mexico // Chemosphere, 2021. – Vol. 268. – P. 128915.
5. Барановская Н. В., Рихванов Л. П. Элементный состав органов и тканей домашних животных (*Sus scrofa domesticus* (Artiodactyla, Mammalia) как индикатор состояния среды обитания // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии, 2011. – Vol. 3. – № 17. – P. 78–84.
6. Гринвуд Н., Эрншо А. Химия элементов: в 2 т. – Москва: Бинوم. Лаборатория знаний., 2008. – 670 р.
7. Lopez-Alonso M. et al. Toxic and essential metals in liver, kidney and muscle of pigs at slaughter in Galicia, north-west Spain // Food Addit. Contam, 2007. – Vol. 24. – № 9. – P. 943–954.
8. Franke B. M. et al. Geographic origin of meat-elements of an analytical approach to its authentication // Eur. Food Res. Technol, 2005. – Vol. 221. – № 3–4. – P. 493–503.
9. Petersson-Grawe, K Thierfelder T., Jorhem L., Oskarsson A. Cadmium levels in kidneys from Swedish pigs in relation to environmental factors – temporal and spatial trends. // Sci. Total Environ, 1997. – № 208. – P. 111–122.
10. Перельман А. И. Геохимия. Высшая шко. – Москва, 1979. – 423 с.
11. Арынова Ш. Ж. Элементный состав солевых образований из природных пресных вод как индикатор экологической безопасности водопользования. Томский политехнический университет, 2016. – 134 с.
12. Министерство энергетики Республики Казахстан. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов, 2017. – С. 462.
13. Рихванов Л. П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. Томский политехнический университет, 1997. – 384 с.
14. Belyanovskaya A. Elemental composition of mammals in natural and anthropogenic areas and their ranking using the USEtox model. Tomsk Polytechnic University-Arts et Metiers ParisTech, 2019. – 187 р.
15. Барановская Н. В., Игнатова Т. Н., Рихванов Л. П. Уран и торий в органах и тканях человека // 2010. №339. // Вестник Томского государственного университета, 2010. – № 339. – С. 182–188.
16. Gastroscan.ru [Electronic resource] // Анатомия и физиология ЖКТ. 2018. P. 1. URL: [//www.gastroscan.ru/handbook/117/406](http://www.gastroscan.ru/handbook/117/406) (accessed: 09.05.2018).
17. Сычева Л. В. Кормление свиней: учебное пособие / ed. Бабайлова Г. П., Ижболдина С. Н. – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2014. – 149 с.