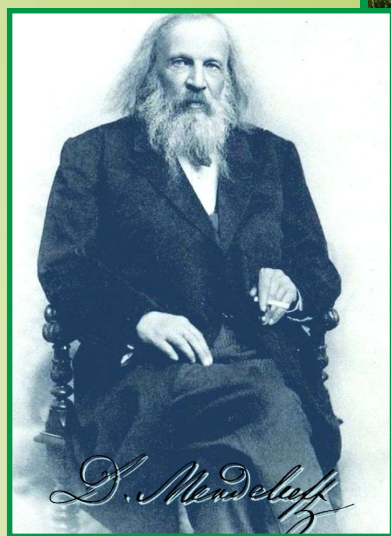


В РАМКАХ НАУЧНОЙ СЕССИИ НИЯУ МИФИ - 2019

**XIX ВСЕРОССИЙСКАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
ДНИ НАУКИ - 2019  
ОТИ НИЯУ МИФИ**



*Посвящается*

**150** – летию ОТКРЫТИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА  
**Д.И. Менделеевым**

**Материалы  
конференции**



Министерство науки и высшего образования РФ  
Государственная корпорация «Росатом»  
Озерский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ (ОТИ НИЯУ МИФИ)  
ФГУП «Производственное объединение «Маяк»  
ФГУП Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России

---

---

В РАМКАХ НАУЧНОЙ СЕССИИ НИЯУ МИФИ - 2019

## ХІХ ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

### ДНИ НАУКИ — 2019



**Посвящается**  
**150-летию открытия периодического закона**  
**Д. И. Менделеевым**

*Материалы конференции*

*17 – 20 апреля 2019 г.*

ОЗЕРСК 2019

**УДК 001**  
**Д 54**

ХІХ Всероссийская научно-практическая конференция «Дни науки – 2019». Посвящается 150- летию открытия периодического закона Д. И. Менделеевым: Материалы конференции. Озерск, 17-20 апреля 2019 г. – Озёрск: ОТИ НИЯУ МИФИ, 2019 – 248 с.  
ISBN 978-5-905620-30-0 – 248 с.

Сборник содержит материалы тематических секций конференции:

- Химия и радиохимическая технология
- Химия и экология
- Механика, машиностроение и технология обработки материалов
- Математика. Информатика и вычислительная техника
- Экономика и управление
- Инновационные технологии в образовании
- Гуманитарное знание: теория и практика
- Лингвистика и межкультурная коммуникация

**Организационный комитет:**

Сопредседатели: Мясоедов Б.Ф., академик РАН (г. Москва)  
Похлебаев М.И., генеральный директор ФГУП «ПО «Маяк»  
Иванов И.А., директор ОТИ НИЯУ МИФИ

Члены оргкомитета:

Водолага Б. К., Воронина А. В., Дмитриев Н. М., Калмыков С. Н., Смирнов И. В., Акопян Р. Р., Ананьина Е. В., Безногова Т. Г., Изарова Е. Г., Карпеев Д. Л., Комаров А. А., Малышев А. И., Нуржанова И. А., Подзолкова Н. А., Ползунова М. В., Посохина С. А., Спирина С. С., Сулейманова И. В., Тананаев И. Г., Фёдорова О. В.

ISBN 978-5-905620-30-0



© ОТИ НИЯУ МИФИ, 2019  
© Авторы публикаций, 2019

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - a \sum_{i=1}^n x_i}{n} = \bar{y} - a\bar{x}. \quad (5A)$$

Далее подставляя  $b$  из (5A) в первое уравнение системы (4A) получаем квадратное уравнение относительно параметра  $a$ :

$$a^2 + a \frac{\left[ \left( \bar{x}^2 - \bar{x}^2 \right) - \left( \bar{y}^2 - \bar{y}^2 \right) \right]}{\left( \overline{xy} - \bar{x}\bar{y} \right)} - 1 = 0 \quad (6A)$$

Здесь  $\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$ ;  $\overline{xy} = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i y_i)}{n}$  и т.д.

Решая квадратное уравнение (6A) относительно параметра  $a$ , получаем:

$$a_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} + 1}, \quad (7A)$$

где  $p = \frac{\left[ \left( \bar{x}^2 - \bar{x}^2 \right) - \left( \bar{y}^2 - \bar{y}^2 \right) \right]}{\left( \overline{xy} - \bar{x}\bar{y} \right)}$ .

Подставляя найденное значение  $a$  в соотношение (5A) находим параметр  $b$ :

$$b = \bar{y} - \left( -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} + 1} \right) \bar{x}. \quad (8A)$$

В силу неоднозначности вычисления параметра  $a$  по формуле (7A) необходимо в каждом конкретном случае выбирать только положительное или отрицательное значение этого параметра, тогда и параметр  $b$  будет определен по формуле (8A) однозначным образом. К примеру, для регрессии на рис. А параметр  $a$  имеет отрицательное значение.

## УДК 502

### МНОГОЛЕТНИЕ ТРЕНДЫ НАКОПЛЕНИЯ $^{90}\text{Sr}$ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ГОЛОВНОЙ ЧАСТИ ВУРСА

Чибирияк М. В., Городилова Ю. В.

*Институт экологии растений и животных УрО РАН,  
г. Екатеринбург*

chibiryak@ipae.uran.ru, gorodilova@ipae.uran.ru

В работе рассматривается зависимость доза-эффект на примере накопления радиоактивного изотопа стронция в костной ткани животных и изменчивости формы нижней челюсти. Показана взаимосвязь накопления  $^{90}\text{Sr}$  связано с экологией и типом питания мелких млекопитающих разных видов, а также статистически достоверный уровень корреляции УА  $^{90}\text{Sr}$  и направлений изменения формы нижней челюсти.

*Ключевые слова:* ВУРС, мелкие млекопитающие, морфологическая изменчивость, стронций-90, удельная активность.

## LONG-TERM TRENDS OF $^{90}\text{Sr}$ ACCUMULATION AND VARIABILITY OF SMALL MAMMALS IN THE HEAD OF THE EURT

Chibiryak M. V., Gorodilova Yu. V.

*Institute of Plant and Animal Ecology UB RAS, Yekaterinburg*

This study examines the dose-effect dependence by the example of the accumulation of radioactive strontium isotope in the bone tissue of animals and variability of the mandible's shape. The interrelation of accumulation of  $^{90}\text{Sr}$  is shown to be connected with the ecology and type of feeding of the different species of small mammals, and also the statistically reliable level of the correlation between the specific activity  $^{90}\text{Sr}$  and the variability directions of the mandible's shape.

*Keywords:* EURT, small mammals, morphological variability, strontium-90, specific activity.

Оценка доз облучения организмов, их органов и тканей является важным этапом радиобиологического исследования. Количественная характеристика радиационного воздействия позволяет изучать зависимость доза-эффект. На основании радиобиологических и дозиметрических данных строятся модели радиационного риска, необходимые для обоснования радиологической защиты как человека, так и биоты. В современной дозиметрической концепции характеристикой воздействия ионизирующего излучения является поглощенная доза, определяемая как количество энергии излучения, поглощенной на единицу массы органа или ткани организма. Ответные реакции живых организмов на облучение могут рассматриваться как функция поглощенной дозы.

Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС) является одной из наиболее радиоактивно загрязненных наземных экосистем. В настоящее время, по прошествии значительного времени после аварии 1957 г. радиационная ситуация на ВУРСе определяется содержанием радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  в поверхностном слое почвы. Радиобиологические и радиозоологические исследования на территории ВУРСа ведутся продолжительное время, накоплен значительный объем данных [1; 2; 3; 4; 5; 6]. В частности, в ИЭРиЖ УрО РАН изучают эффекты облучения биоты. При оценке современных доз облучения животных на территории ВУРСа важно учитывать, что стронций является остеотропным элементом, замещая кальций в костной ткани, и вследствие этого неравномерно распределяется в организме. Ранее на основе обзора опубликованных экспериментальных данных об удержании  $^{89}\text{Sr}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в организме лабораторных мышей была разработана биокинетическая модель метаболизма элемента для мышевидного грызуна и оценены постоянные времен перехода между компартментами модели [7]. Модель верифицирована по данным об удержании  $^{90}\text{Sr}$  в организме мышевидных грызунов в случае хронического поступления и позволяет проводить оценку распределения радионуклида по органам и тканям животного в случае как однократного, так и хронического поступления.

Цель работы: проследить тренды накопления и удельной активности (УА) радионуклидов в костной ткани мелких млекопитающих, обитающих на территории ВУРСа с максимальным уровнем загрязнения, а также оценить корреляцию индивидуальных значений УА и морфологических изменений животных, оцененных с помощью методов геометрической морфометрии.

Материалом для работы послужили животные, отловленные в 2003–2017 гг. в головной части ВУРСа с плотностью поверхностного загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  23,9–39,8 МБк/м<sup>2</sup> [6]. Отловы проводили по стандартной методике. Суммарную УА  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  в костной ткани нижних челюстей определяли ранее разработанным неразрушающим методом с

использованием бета-радиометрии целостной кости [8]. УА определена у 511 особей мышевидных грызунов.

На рисунке 1 представлены видовые средние значения УА, а также максимальные значения для каждого вида. Наибольшее среднее значение удельной активности  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  на момент поимки обнаружено у пашенной полевки, немного меньше этот показатель у полевки-экономки, далее по уменьшению накопления обыкновенная и лесные полевки, потом лесная мышовка, малая лесная мышь, и меньше всех накапливает полевая мышь. Вероятно, это связано с экологией и типом питания животных разных видов. Представители сем. Мышиные являются в основном зерноядными грызунами, а сем. Хомяковые – зеленоядными.

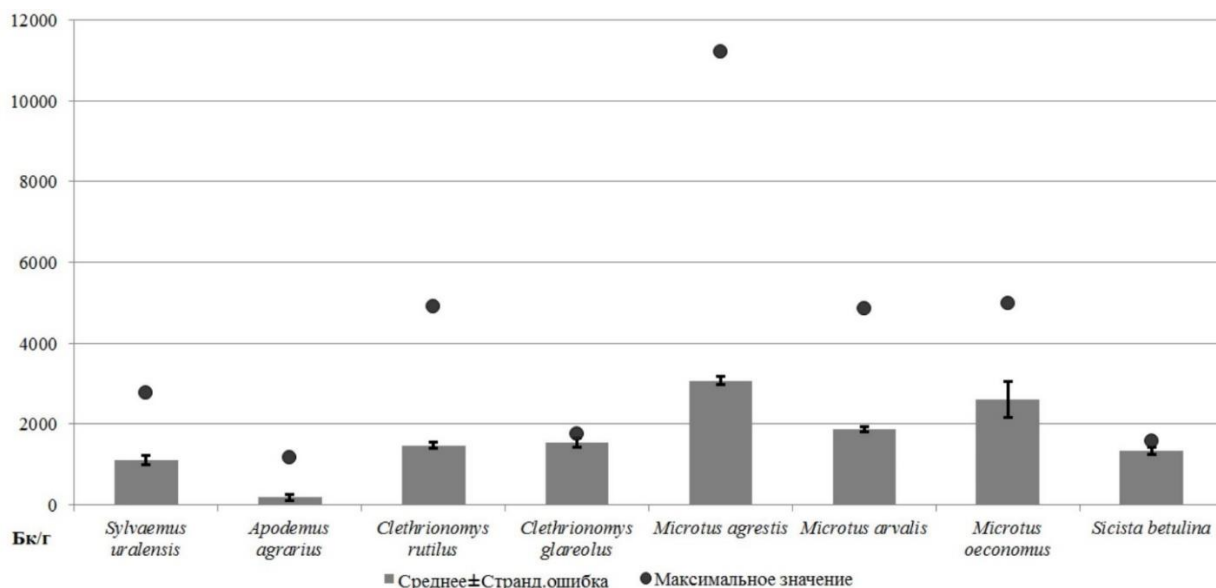


Рисунок 1 – Средние видовые значения УА  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  с стандартным отклонением. Кружками отмечены максимальные значения УА для каждого вида.

Для основных видов-доминантов ВУРСа показаны размах индивидуальных значений и многолетние тренды УА  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  радионуклидов в костной ткани (Рис. 2). Показано закономерное прогнозируемое снижение уровня удельной активности с учетом полураспада радиоактивных элементов. Особенно хорошо данная закономерность проявляется у двух серых полевков, также у красной полевки, но подобный тренд не проявился у малой лесной мыши, поскольку за последние годы в анализ попали единичные особи, не отражающие общую картину.

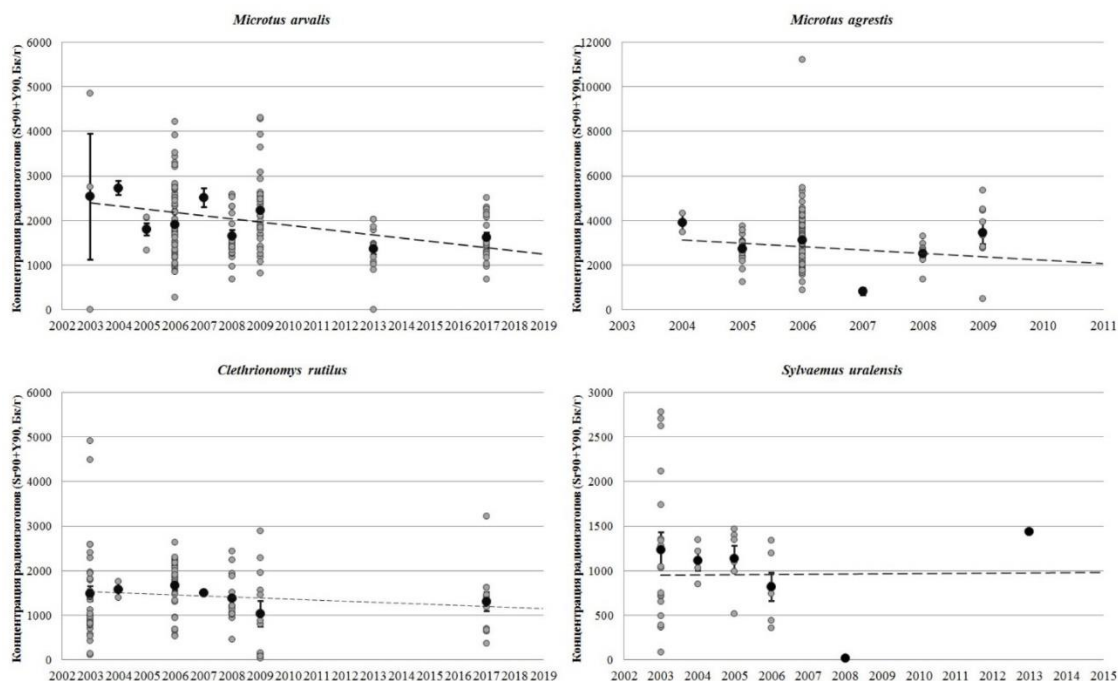


Рисунок 2. Удельная активность  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  на момент поимки в костной ткани нижних челюстей грызунов. Пунктирной линией показан тренд среднего значения УА.

Чтобы понять есть ли связь уровня удельной активности радионуклидов и конкретные изменения формы нижней челюсти животных провели анализ с помощью методов геометрической морфометрии [9; 10] и оценили корреляционную связь индивидуальных значений УА и ординат вдоль канонических переменных. В качестве модельных видов для исследования были взяты красная полевка и пашенная полевка. Значения рангового коэффициента Спирмена ( $r_s$ ) представлены в таблице. Показаны статистически достоверные значения корреляции вдоль некоторых канонических осей.

Таблица 1 – Ранговый корреляционный анализ Спирмена ( $r_s$ ) зависимости концентрации радиоизотопов и канонических ординат вдоль осей.

Каноническая переменная	<i>Clethrionomys rutilus</i>		<i>Microtus agrestis</i>	
	$r_s$	$p$	$r_s$	$p$
CVA1	<b>-0,545</b>	<b>&lt; 0,001</b>	0,434	0,007
CVA2	-0,219	0,149	<b>-0,539</b>	<b>&lt; 0,001</b>
CVA3	<b>-0,551</b>	<b>&lt;&lt; 0,001</b>	-0,084	0,616
CVA4	0,198	0,193	<b>0,819</b>	<b>&lt;&lt; 0,001</b>
CVA5			-0,323	0,048

Таким образом, в ходе исследования показано, что виды с преимущественно зеленоядным типом питания накапливают большее количество радиостронция в костной ткани, чем с зерноядным. Также с повышением уровня удельной активности скоррелировано изменение формы нижней челюсти животных.

Библиографический список

1. Ильенко А.И. Концентрирование животными радиоизотопов и их влияние на популяцию. – М.: Наука, 1974. – 168 с.
2. Экологические последствия радиоактивного загрязнения на Южном Урале. – М.: Наука, 1993. – 336 с.
3. Биоиндикация радиоактивных загрязнений. – М.: Наука, 1999. – 384 с.

4. Последствия техногенного радиационного воздействия и проблемы реабилитации Уральского региона /под общ. ред. С.К. Шойгу. – М.: Комтехпринт, 2002. – 287 с.
5. Уткин В.И., Чеботина М.Я., Евстигнеев А.В., Любашевский Н.М. Особенности радиационной обстановки на Южном Урале. – Екатеринбург, 2004. – 150 с.
6. Позолотина В.Н., Молчанова И.В., Караваева Е.Н., Михайловская Л.Н., Антонова Е.В. Современное состояние наземных экосистем Восточно-Уральского радиоактивного следа: уровни загрязнения, биологические эффекты. – Екатеринбург: Изд-во «Гощицкий», 2008. – 204 с.
7. Malinovsky G, Yarmoshenko I, Zhukovsky M., Starichenko V., Modorov M. Strontium biokinetic model for mouse-like rodent // Journal of environmental radioactivity. – 2013. – V. 118. – P. 57–63.
8. Малиновский Г.П., Жуковский М.В., Стариченко В.И., Модоров М.В. Неразрушающие методы оценки содержания  $^{90}\text{Sr}$  в костях мышевидных грызунов, обитающих на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа // АНРИ. – 2012. – № 3. – С. 87–92.
9. Павлинов И.Я., Микешина Н.Г. Принципы и методы геометрической морфометрии // Журнал общей биологии. – 2002 – Т. 63 № 6. – С. 473–493.
10. Zelditch M.L., Swiderski D.L., Sheets H.D. et al. Geometric morphometrics for biologists: a primer. – Elsevier: Acad. Press. – 2004. – 443 p.