

УДК [574:539.163]+591.1+575.1

АККУМУЛЯЦИЯ ^{90}Sr В КОСТНОЙ ТКАНИ ОБЫКНОВЕННОЙ СЛЕПУШОНКИ ИЗ ГОЛОВНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА

© 2011 г. В. И. Стариченко

Институт экологии растений и животных УрО РАН

620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

E-mail: starichenko@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 14.01.2010 г.

Исследовали уровень аккумуляции ^{90}Sr в костной ткани обыкновенных слепушонок (*Ellobius talpinus* Pallas, 1770), обитающих в условиях хронического поступления ^{90}Sr в эпицентре Восточно-Уральского радиоактивного следа (плотность загрязнения ^{90}Sr – 37 МБк/м² или 1000 Ки/км²) и характеризующихся подземным образом жизни, посемейной организацией поселений и крайне малой способностью к расселению. На фоне отсутствия половых и возрастных особенностей в депонировании ^{90}Sr обнаружены 7-кратные различия индивидуальных показателей аккумуляции радионуклида. Выявлена наследственная (семейная) детерминация изменчивости накопления ^{90}Sr . Рассмотрены вероятные причины различий величины семейной компоненты по сравнению с результатами лабораторных экспериментов на линейных мышах. Подтверждена возрастная инверсия аккумуляции ^{90}Sr , ранее обнаруженная у других видов млекопитающих на территории ВУРСа. Представлен возможный механизм ее формирования.

Ключевые слова: слепушонка обыкновенная, Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС), ^{90}Sr , костная ткань, семейный анализ, коэффициент внутрисемейной корреляции.

Обыкновенная слепушонка (*Ellobius talpinus* Pallas, 1770) представляет собой специализированный вид полевок, к особенностям которого относятся преимущественно подземный образ жизни и сложная популяционная структура. Вопросы экологии слепушонки посвящено много работ, однако в радиоэкологическом плане это недостаточно изученный вид. Например, отсутствуют какие-либо экспериментальные данные по кинетике остеотропных радионуклидов (в частности, ^{90}Sr – одного из основных дозообразующих радионуклидов в Уральском регионе) в скелете слепушонки, не известны особенности их накопления при обитании на радиоактивно загрязненных территориях в зависимости от эндогенных параметров животных. При этом наличие прочных семейных группировок, характерных для обыкновенной слепушонки (и присущих лишь очень немногим видам наземных грызунов), и незначительная миграционная активность представляют уникальную возможность для оценки наследственной (семейной) компоненты изменчивости депонирования ^{90}Sr у животных из природной среды (Плотов, 1983). При использовании метода межлинейных сравнений (Шведов, Аклеев, 2001) наследственная обусловленность метаболизма ^{90}Sr не нашла экспериментального подтверждения. Между тем

имеются наблюдения (Шагина и др., 2006), что у людей, проживающих на территории ВУРСа в условиях хронического поступления ^{90}Sr , дисперсия его содержания внутри отдельных семей ниже, чем в среднем по населенному пункту.

Цель настоящей работы – исследовать закономерности депонирования ^{90}Sr в костной ткани обыкновенных слепушонок, обитающих в головной части ВУРСа, в зависимости от пола, возраста и семейной принадлежности животных.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Слепушонки обитают в подземных норах, строят сложные системы ходов площадью до нескольких гектаров и перемещаются в основном под землей, очень редко выходя на поверхность. Длина суточного пробега слепушонок достигает 200–280 м (Хляп и др., 1980). Питаются слепушонки подземными частями растений, а также зеленью, червями, насекомыми.

Колониальные поселения этих грызунов состоят из относительно изолированных семей, живущих на ограниченной территории в течение многих лет с естественной сменой поколений. В каждой семье в размножении чаще всего участвуют одна самка (“матка”) и один-два самца. Мо-

лодые самки приступают к размножению только после гибели “матки” (сеголетки не участвуют в размножении). В течение года самки приносят три-четыре помета, в выводке обычно два-четыре детеныша. Внутри поселения за счет сезонного расселения молодых животных происходит образование новых (молодых) семей (в основном на периферии поселения), которые могут также “отпочковываться” от старых. После третьей зимовки оставшиеся в семьях слепушонки ведут оседлый образ жизни. Среди грызунов обыкновенная слепушонка считается долгожителем. Предельный возраст жизни слепушонки – 6 лет (Евдокимов, 2001; Шевлюк, Елина, 2008).

Уровень депонирования ^{90}Sr (суммарную β -активность $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$) исследовали в костной ткани обыкновенных слепушонок, обитающих в головной части ВУРСа на поляне размером $\sim 300 \times 500$ м, где плотность загрязнения ^{90}Sr составляет 37 МБк/м^2 (1000 Ки/км^2). Контролем служили слепушонки, отловленные на территории с плотностью загрязнения 7.4 кБк/м^2 (0.2 Ки/км^2) (Челябинская область, Кунашакский р-он, дер. Аминево). У животных, отловленных на территории ВУРСа, фиксировали семейную принадлежность каждой особи, на контрольной территории этого не делали. Исследовано 60 (8 семей) и 34 животных соответственно.

Основными искусственными загрязнителями на территории ВУРСа являются ^{90}Sr и ^{137}Cs (смешанный β - γ -излучатель). Оба радионуклида накапливаются в организме обитающих здесь животных. Однако радиохимический анализ проб тканей животных с этих территорий показал, что β -активность скелета на 90–95% обусловлена $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (Бетенеков и др., 1996). Сходные результаты получены при исследовании накопления радионуклидов в организме грызунов и крупных млекопитающих на ВУРСе: удельная активность ^{137}Cs в их скелете на 2–3 порядка величин меньше, чем ^{90}Sr , а содержание ^{137}Cs в скелете составляет от десятых долей процента до нескольких процентов (Тарасов, 2000). Близкое соотношение выявлено также у жителей, проживающих на сопредельных с ВУРСом территориях (Degteva et al., 1998). Поэтому мы считаем правомерным отождествлять величину β -активности скелета и содержание в нем $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$.

Наоборот, суммарная β -активность мягких тканей, химуса и растительности обусловлена $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ и ^{137}Cs . Поэтому при сравнении накопления радионуклидов в скелете и других тканях для унификации представляемого материала мы говорим о β -активности.

Для изучения депонирования ^{90}Sr использовали длинные трубчатые кости. Радиометрию осуществляли на приборе “RFT 10 MHz – Zahler VAG-120” с использованием калийных эталонов

(Стариченко, Любашевский, 1998). Для анализа загрязненности почвы в районе обитания слепушонок на территории ВУРСа пробы отбирали из выбросов почвы, которые делают слепушонки во время рытья. Радиохимическое определение ^{90}Sr производили оксалатным методом по дочернему ^{90}Y (Методические рекомендации..., 1980).

Выбор метода статистического анализа данных осуществляли после проверки характера их распределения. Для описания данных использовали среднее значение, стандартную ошибку среднего, медиану и квартили. Значимость различий между выборками оценивали с помощью t -критерия Стьюдента. Различия считали достоверными при доверительной вероятности не менее 95% (уровень значимости $p \leq 0.05$).

Для оценки степени наследственной (семейной) детерминации изменчивости количественных показателей использована компонентная модель дисперсионного анализа – *иерархический* план со смешанными эффектами, в которой факторы “пол” и “возраст” рассмотрены как фиксированные, а фактор “семья” – как случайный.

Масса тела слепушонок имеет распределение, близкое к нормальному, удельная активность ^{90}Sr – логнормальное. Поэтому для соблюдения предположения нормальности использовали логарифмическое преобразование удельной активности ^{90}Sr , однако для простоты изложения мы употребляем словосочетание “удельная активность ^{90}Sr ”, подразумевая под ним как собственно удельную активность, так и логарифм удельной активности. Анализировали изменчивость массы тела и удельной активности ^{90}Sr в костной ткани.

Для получения F-статистик для исследуемых эффектов в смешанной модели дисперсионного анализа использован синтез знаменателя (Шеффе, 1963; Sokal, Rohlf, 1995). Оценкой степени наследственной детерминации исследуемых признаков служит *коэффициент внутрикласовой корреляции (R)*, соответствующий отношению компоненты дисперсии соответствующего случайного фактора к полной дисперсии (Sokal, Rohlf, 1995) (*компонента дисперсии* равна $R \times 100\%$).

Анализ данных выполнен с помощью компьютерного пакета лицензионных программ Microsoft Excel 2002 и Statistica 6.0 (StatSoft Inc.).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Удельная активность ^{90}Sr в костной ткани слепушонок с контрольной территории незначительна ($0.2 \pm 0.05 \text{ Бк/г}$ сырой кости) и соответствует фоновому уровню содержания ^{90}Sr в скелете мелких млекопитающих на “чистых” территориях. На “грязной” территории она равна $765 \pm 54 \text{ Бк/г}$ (индивидуальные показатели колеблются от 225 до 1652 Бк/г)

Таблица 1. Накопление ⁹⁰Sr в костной ткани обыкновенных слепушонок, обитающих в головной части ВУРСа (посемейный анализ)

№ семьи	n	Масса тела, г			Удельная активность ⁹⁰ Sr, Бк/г		
		Самцы	Самки	Среднее	Самцы	Самки	Среднее
1	12 (7/5)*	36.9 ± 1.6 (32.0–42.6)	39.4 ± 1.2 (36.6–43.0)	37.9 ± 1.1 (32.0–43.0)	298 ± 35 (225–503)	317 ± 51 (252–517)	306 ± 29 (225–517)
2	11 (6/5)	43.1 ± 1.0 (40.0–46.0)	45.8 ± 1.0 (42.8–48.6)	44.3 ± 0.8 (40.0–48.6)	580 ± 20 (487–623)	599 ± 19 (539–645)	589 ± 13 (487–645)
3	11 (4/7)	49.2 ± 1.8 (46.9–54.3)	44.5 ± 2.2 (34.2–48.9)	46.2 ± 1.6 (34.2–54.3)	445 ± 52** (388–601)	653 ± 49 (510–900)	577 ± 47 (388–900)
4	5 (2/3)	38.3 ± 7.6 (30.7–45.9)	43.0 ± 1.7 (39.6–45.0)	41.1 ± 2.8 (30.7–45.9)	957 ± 37** (920–994)	765 ± 30 (716–820)	842 ± 51 (716–994)
5	5 (1/4)	37.0	44.4 ± 2.0 (39.7–48.8)	42.9 ± 2.1 (37.0–48.8)	1249	1238 ± 38 (1140–1323)	1240 ± 29 (1140–1323)
6	6 (4/2)	48.1 ± 2.3 (44.4–53.6)	48.8 ± 0.0 (48.8–48.8)	48.3 ± 1.4 (44.4–53.6)	1390 ± 64** (1207–1482)	1590 ± 22 (1567–1612)	1457 ± 59 (1207–1612)
7	6 (4/2)	47.0 ± 3.5 (38.0–53.4)	49.2 ± 1.8 (47.4–50.9)	47.7 ± 2.3 (38.0–53.4)	1370 ± 107 (1152–1652)	1265 ± 34 (1231–1299)	1335 ± 72 (1152–1652)
8	4 (2/2)	47.7 ± 0.8 (46.8–48.5)	45.0 ± 9.3 (35.7–54.2)	46.3 ± 3.9 (35.7–54.2)	508 ± 39 (469–547)	599 ± 141 (458–740)	554 ± 65 (458–740)
Среднее по выборке	60 (30/30)	43.4 ± 1.2 (30.7–54.3)	44.3 ± 0.9 (34.2–54.2)	43.9 ± 0.7 (30.7–54.3)	752 ± 82 (225–1652)	777 ± 70 (234–1612)	765 ± 54 (225–1652)

* В числителе – самцы, в знаменателе – самки.

** Различия между самцами и самками значимы на уровне $p \leq 0.05$ (по *t*-критерию Стьюдента).

(табл. 1). Этот уровень депонирования радионуклида сравним с таковым у других видов мелких млекопитающих, обитающих на территориях с плотностью загрязнения 18.5–37.0 МБк/м² (500–1000 Ки/км²) и отловленных в этот же сезон (Стариченко, 2002, 2004). Индивидуальная вариабельность удельной активности ⁹⁰Sr у слепушонок ($CV = 54\%$, $\max/\min = 7.3$) сопоставима с изменчивостью данного показателя у наземных грызунов, например серых полевков из эпицентра ВУРСа ($CV = 50\%$, $\max/\min = 5.3$) (Стариченко, Любашевский, 1998).

На этом фоне обращают на себя внимание значительные межсемейные различия в накоплении ⁹⁰Sr (табл. 1, рис. 1). Вариабельность внутри семей значительно меньше, чем для всей выборки ($CV = 5–32\%$, $\max/\min = 1.2–2.3$). Некоторую долю межсемейных различий можно было бы отнести за счет половых или возрастных особенностей в аккумуляции ⁹⁰Sr, вносящих разный удельный вклад в результирующую по отдельной семье. Однако влияние пола на накопление ⁹⁰Sr не выявлено как в большинстве семей, так и во всей выборке. Отсутствие влияния половой принадлежности на депонирование остеотропных радионуклидов показано во многих работах (Баженов и др., 1990; Журавлев, 1990; Momeni et al., 1976; Parks et al., 1978). Некоторыми авторами (Ильенко, Крапив-

ко, 1989) половые различия в накоплении ⁹⁰Sr обнаружены в период размножения и лактации в связи с изменениями в минеральном обмене самок. Исключением также является период быстрого роста, когда формируется масса скелета. Темп накопления–выведения радионуклида и его количество в этот период различаются у самцов и самок за счет полового диморфизма в размерах скелета (тела) (Толстых и др., 2001).

Оценка возрастных различий в депонировании ⁹⁰Sr также не выявила значимого увеличения накопления с возрастом животных как внутри отдельных семей, так и во всей выборке (табл. 2), характерного для эксперимента с хроническим (с раннего постнатального онтогенеза) поступлением радионуклида, когда у взрослых особей в силу более длительного аккумуляирования радионуклида наблюдают большую, чем у молодых индивидов, удельную активность ⁹⁰Sr (Метаболизм стронция, 1971; От радиобиологического эксперимента..., 1976). Отсутствие такой закономерности у слепушонки подтверждает возрастную инверсию депонирования ⁹⁰Sr, ранее обнаруженную у других видов млекопитающих на территории ВУРСа, когда в скелете некоторых молодых особей фиксировали значительно более высокую по

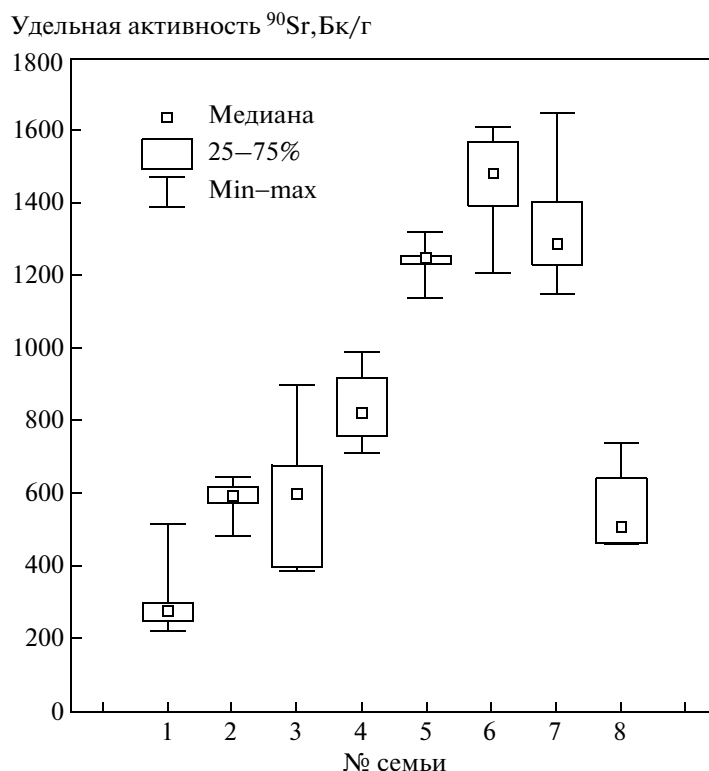


Рис. 1. Удельная активность ^{90}Sr в костной ткани обыкновенных слепушонок из эпицентра ВУРСа.

сравнению со старыми животными удельную активность ^{90}Sr (Тарасов, 2000).

Учитывая, что механизм депонирования ^{90}Sr в скелете позвоночных независимо от пути и ритма поступления одинаков, можно предполагать влияние в естественных условиях как экзогенных, так и эндогенных воздействий, модифицирующих уровень депонирования ^{90}Sr . Из экзогенных воздействий это могут быть некоторые особенности рациона детенышей по сравнению с взрослыми

особями. Однако нельзя исключить, что у некоторых молодых индивидов физиологический возраст костной ткани в силу ряда причин может быть значительно моложе хронологического, т.е. кость недообызвествлена, и тогда факт более интенсивного кумулирования ^{90}Sr в скелете этих животных можно связать с влиянием минеральной плотности кости (Стариченко, 2007).

Результаты многофакторного дисперсионного анализа влияния на скелетное депонирование ^{90}Sr

Таблица 2. Накопление ^{90}Sr в костной ткани разных возрастных групп обыкновенных слепушонок, обитающих в головной части ВУРСа (посемейный анализ)

№ семьи	Масса тела, г					Удельная активность ^{90}Sr , Бк/г				
	Возраст, мес.									
	2–4	14–16	26–28	38–40	50–52	2–4	14–16	26–28	38–40	50–52
1 (9/2/1/0/0)*	37.2 ± 1.3	39.5 ± 1.1	41.0	–	–	298 ± 27	236 ± 11	517	–	–
2 (9/1/1/0/0)	44.6 ± 0.8	46.0	40.0	–	–	597 ± 10	487	623	–	–
3 (6/1/2/1/1)	45.9 ± 2.4	47.0	46.7 ± 7.6	48.4	43.5	627 ± 26	395	454 ± 56	388	900
4 (4/1/0/0/0)	41.5 ± 3.6	39.6	–	–	–	847 ± 66	820	–	–	–
5 (3/2/0/0/0)	42.9 ± 3.4	42.9 ± 3.1	–	–	–	1269 ± 27	1197 ± 58	–	–	–
6 (4/1/0/1/0)	49.2 ± 1.9	44.4	–	48.8	–	1411 ± 77	1482	–	1612	–
7 (4/2/0/0/0)	49.4 ± 1.8	44.5 ± 6.4	–	–	–	1360 ± 111	1285 ± 13	–	–	–
8 (2/2/0/0/0)	45.0 ± 9.3	47.7 ± 0.8	–	–	–	599 ± 141	508 ± 39	–	–	–

* Соотношение количества животных по возрастам.

Таблица 3. Коэффициент внутрисемейной корреляции массы тела и удельной активности ⁹⁰Sr в костной ткани слепушонок из головной части ВУРСа (*n* = 60, 8 семей)

Источник дисперсии	Эффект			Остаток		<i>F</i>	<i>p</i> ≤	<i>R</i>
	Тип	df	MS	df	MS			
Масса тела								
Пол	Фиксированный	1	11.88	46.32	30.42	0.39	0.5350	–
Возраст	Фиксированный	4	11.96	40.69	32.13	0.37	0.8270	–
Семья	Случайный	7	104.19	47.00	24.20	4.31	0.0009	0.325
Логарифм удельной активности ⁹⁰ Sr								
Пол	Фиксированный	1	0.12	9.24	0.22	0.56	0.4723	–
Возраст	Фиксированный	4	0.11	8.69	0.27	0.39	0.8098	–
Семья	Случайный	7	2.47	47.00	0.03	78.59	0.0001	0.919

таких факторов, как пол, возраст и семейная принадлежность животных, приведены в табл. 3. Видно, что вклад факторов пол и возраст в удельную активность ⁹⁰Sr незначителен, и этот вывод совпадает с результатами табл. 1, 2. Также незначимо влияние этих факторов на массу тела, что не является неожиданным. Известно, что у слепушонок исследованных возрастных групп масса тела слабо коррелирует с полом и возрастом (Евдокимов, 2001).

Наоборот, влияние фактора “семья” значимо на высоком уровне (*p* < 0.001). Этот фактор на 32.5% обуславливает массу тела животных и на 91.9% – уровень накопления ⁹⁰Sr. Величина наследственной изменчивости массовых показателей согласуется с данными других авторов (Мина, Клевезаль, 1976; Falconer, 1960; и др.), исследовавших наследственную изменчивость массы и размеров тела у животных и человека и пришедших к выводу, что, несмотря на большие различия в оценках изменчивости, она достигает, а иногда и превышает 50% и мало различается у позвоночных разных систематических групп.

Существенно более высокая “семейная” составляющая депонирования ⁹⁰Sr может быть обусловлена не только внутрисемейными особенностями метаболизма радионуклида (в частности, пищевыми предпочтениями внутри отдельных семей), но и неучтенным вкладом пятнистости загрязнения почвы и, как следствие, широкой вариабельностью содержания радионуклида в растительности.

Зависимость между загрязнением почвенно-растительного покрова, особенностями питания и уровнем накопления радионуклидов в животном организме известна (Ильенко, Крапивко, 1993; Толстых, 2006). Например, ранее нами (Стариченко и др., 1995) было показано, что удельная β-активность в растительности, произрастающей на территории ВУРСа с плотностью загрязнения

⁹⁰Sr 18.5 МБк/м², колеблется от 9 до 260 кБк/кг сухой массы. Исследование двух видов серых полевок, обитающих на данной территории, выявило корреляцию накопления суммарной β-активности в скелете и химусе животных: *r* = 0.60 (*p* < 0.05) (рис. 2).

Мы не изучали пищевой рацион слепушонок, однако косвенно о нем могло бы свидетельствовать различное загрязнение почвы на участке обитания зверьков. Для выявления влияния на накопление ⁹⁰Sr в костной ткани слепушонок пятнистости загрязнения почвы были проанализированы почвенные пробы, взятые у выхода норки животных на поверхность. Оказалось, что загрязнение почвы ⁹⁰Sr на участке, заселенном слепушонкой, различается в 4 раза (29.2–118.8 кБк/кг сухого вещества). Подобный разброс значений удельной активности радионуклида в почве отча-

Суммарная β-активность скелета, Бк

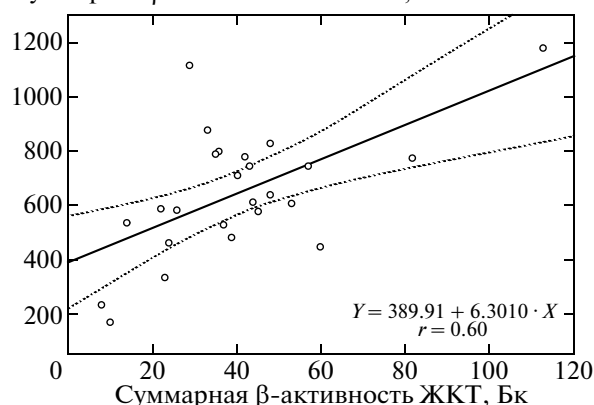


Рис. 2. Зависимость суммарной β-активности скелета от активности желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) у двух видов серых полевок, обитающих на территории ВУРСа (*n* = 25). Пунктирные линии – границы 95%-ного доверительного интервала (Стариченко, 2007).

сти может объяснить существующие межсеме-йные различия в депонировании ^{90}Sr . Однако про-бы были взяты без соответствия номерам семей, выловленным из этих норок, поэтому невозмож-но проследить зависимость уровня накопления ^{90}Sr в кости слепушонок от загрязнения почвы, т.е. вычленить из результирующей дисперсии до-лю, вносимую пятнистостью загрязнения. В то же время сомнительно, что семьи обитают на одном “пятне”, так как подземные ходы обычно раз-ветвлены, занимают площадь до нескольких сот-тен квадратных метров и пересекают участки с различным уровнем загрязнения. Поэтому нет ос-нований предполагать исключительную роль не-равномерности загрязнения почвы в различиях ак-кумуляции радионуклида. Так, наземные грызуны на этом участке депонируют радионуклиды относи-тельно равномерно, слепушонки тоже достаточно активно передвигаются по подземным коммуника-циям и потребляют пищу из разных участков.

Высокая внутрисемейная корреляция аккумуля-ции ^{90}Sr ($0.513, p < 0.001$) и другого остеотроп-ного вещества – стабильного фтора ($0.417, p < 0.001$) выявлена также в лабораторном экспери-менте на инбредных линейных мышах (Стари-ченко, Кшнясев, 2004; Стариченко, 2005). У сле-пушонок коэффициент внутрисемейной корреля-ции кинетики ^{90}Sr почти вдвое выше. Однако если допустить, что половина изменчивости ак-кумуляции ^{90}Sr в костной ткани слепушонок обу-словлена неравномерностью загрязнения почвы и кормового рациона, а половина – истинной се-мейной изменчивостью скелетного метаболизма, то коэффициент корреляции составит $0.460 (0.919 : 2)$. Эта величина очень близка к значениям, полу-ченным в лабораторных экспериментах, и позво-ляет (в первом приближении) оценить собственно “семейную” компоненту депонирования ^{90}Sr у слепушонок на территории ВУРСа в 40–50%.

Таким образом, у обыкновенных слепушонок, обитающих на радиоактивно загрязненной тер-ритории ВУРСа и характеризующихся подзем-ным образом жизни, посемейной организацией поселений и слабой миграционной активностью, обнаружены сравнимые с другими видами позво-ночных уровни накопления ^{90}Sr в костной ткани. На фоне несущественного влияния на скелетное депонирование радионуклида пола и возраста животных выявлено значимое ($p < 0.001$) влияние их семейной принадлежности. Сопоставимые ве-личины внутрисемейной корреляции аккумуля-ции ^{90}Sr при его хроническом поступлении в при-родной среде и лабораторных экспериментах на линейных мышах служат подтверждением суще-ствования наследственной (семейной) детерми-нации депонирования остеотропных веществ. Учет наследственной обусловленности их мета-

болизма в практическом плане может быть поле-зен для оценки дозы поражающего остеотропного фактора и прогноза обмена токсиканта в организ-ме отдельных индивидов и популяции в целом.

Работа частично выполнена при финансовой поддержке междисциплинарного проекта УрО РАН (№ 09-М-24-2001).

Автор выражает благодарность за помощь в ра-боте О.В. Тарасову, Н.Г. Евдокимову, Н.В. Сине-вой, В.П. Гусевой, И.А. Кшняеву.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баженов В.А., Булдаков Л.А., Василенко И.Я. и др.* Вред-ные химические вещества. Радиоактивные вещества: Справ. изд. Л.: Химия, 1990. 464 с.
- Бетенеков Н.Д., Ипатов Е.Г., Баушева О.П., Люба-шевский Н.М.* Идентификация бета-излучателей био-проб с территории ВУРСа // Проблемы экологии и охраны окружающей среды: Тез. докл. науч.-практ. се-минаров на междунар. выставке “Уралэкология-96”. Екатеринбург, 1996. С. 193–194.
- Глотов Н.В.* Оценка генетической гетерогенности при-родных популяций: количественные признаки // Эко-логия. 1983. № 1. С. 3–10.
- Евдокимов Н.Г.* Популяционная экология обыкновенной слепушонки. Екатеринбург: Екатеринбург, 2001. 144 с.
- Журавлев В.Ф.* Токсикология радиоактивных веществ. М.: Энергоатомиздат, 1990. 336 с.
- Ильенко А.И., Крапивко Т.П.* Экология животных в ра-диационном биогеоценозе. М.: Наука, 1989. 224 с.
- Ильенко А.И., Крапивко Т.П.* Экологические послед-ствия радиоактивного загрязнения для популяций мелких млекопитающих-стронциефоров // Экологи-ческие последствия радиоактивного загрязнения на Южном Урале. М.: Наука, 1993. С. 171–180.
- Метаболизм стронция. Пер. с англ. / Под ред. В.А. Книжникова, А.А. Моисеева. М.: Атомиздат, 1971. 344 с.
- Методические рекомендации по санитарному контро-лю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды / Под ред. А.Н. Марья, А.С. Зыковой. М.: Мин-во здравоохранения СССР, 1980. 336 с.
- Мина М.В., Клевезаль Г.А.* Рост животных. М.: Наука, 1976. 292 с.
- От радиобиологического эксперимента к человеку / Под ред. Ю.И. Москалева. М.: Атомиздат, 1976. 280 с.
- Стариченко В.И.* Уровень накопления ^{90}Sr как под-тверждение изолированности популяций мелких мле-копитающих, обитающих на ВУРСе // Адаптация био-логических систем к естественным и экстремальным факторам среды. Челябинск, 2002. С. 41–48.
- Стариченко В.И.* Стронций-90 в костной ткани мелких млекопитающих на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС) // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Мат-лы II Междунар. конф. Томск, 2004. С. 576–579.
- Стариченко В.И.* Кинетика ^{90}Sr : генотипическая детер-минация // Радиационная биология. Радиоэкология. 2005. Т. 45. № 3. С. 328–332.

- Стариченко В.И.* Индивидуальные особенности кинетики остеотропных веществ: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Челябинск, 2007. 50 с.
- Стариченко В.И., Кишняев И.А.* Генотипическая детерминанта кинетики фтора у линейных мышей // Токсикол. вестник. 2004. № 6. С. 21–26.
- Стариченко В.И., Любашевский Н.М.* Индивидуальные особенности аккумуляции ^{90}Sr в организме двух видов серых полевок, обитающих на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа // Радиационная биология. Радиоэкология. 1998. Т. 38. Вып. 3. С. 375–383.
- Стариченко В.И., Любашевский Н.М., Нифонтова М.Г., Чибиряк М.В.* Накопление радионуклидов мелкими млекопитающими, обитающими на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа // Радиационная безопасность и защита населения: Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 1995. С. 31–33.
- Тарасов О.В.* Радиоэкология наземных позвоночных головной части Восточно-Уральского радиоактивного следа: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Озерск, 2000. 16 с.
- Толстых Е.И.* Половозрастные особенности минерализации скелета у жителей радиоактивно загрязненных территорий Уральского региона: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Челябинск, 2006. 46 с.
- Толстых Е.И., Дегтева М.О., Кожеуров В.П., Вьюшкова О.В.* Некоторые аспекты метаболизма стронция у человека в связи с радиационным загрязнением окружающей среды // Проблемы радиоэкологии и приграничных дисциплин. Заречный, 2001. Вып. 4. С. 270–279.
- Хляп Л., Карулин Б.Е., Альбов С.А., Никитина Н.А.* Слепыши и слепушонка // Итоги мечения млекопитающих. М.: Наука, 1980. С. 154–156.
- Шагина Н.Б., Дегтева М.О., Толстых Е.И.* и др. Снижение неопределенностей доз внутреннего облучения от ^{90}Sr для расширенной когорты реки Теча // Вопросы радиац. безопасности. 2006. № 1. С. 5–25.
- Шведов В.Л., Аклеев А.В.* Радиобиология стронция-90. Челябинск: УНПЦ РМ, 2001. 298 с.
- Шевлюк Н.Н., Елина Е.Е.* Биология размножения обыкновенной слепушонки *Ellobius talpinus*. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2008. 128 с.
- Шеффе Г.* Дисперсионный анализ. Пер. с англ. М.: Физматгиз, 1963. 628 с.
- Degteva M.O., Kozheurov V.P., Tolstykh E.I.* Retrospective dosimetry related to chronic environmental exposure // Rad. Prot. Dosimetry. 1998. V. 79. P. 155–160.
- Falconer D.S.* Introduction to quantitative genetics. Edinburgh; London, 1960. 365 p.
- Momeni M.H., Rosenblatt L.S., Jow N.* Retention and distribution of ^{226}Ra in beagles // Health Phys. 1976. V. 30. № 5. P. 369–380.
- Parks N.J., Pool R.R., Williams J.R., Wolf H.G.* Age and dosage-level dependence of radium retention in beagles // Radiat. Res. 1978. V. 75. № 3. P. 617–632.
- Sokal R.R., Rohlf F.J.* Biometry: The principles and practice of statistics in biological research. 3-th ed. New York: W.H. Freeman & Co, 1995. 888 p.