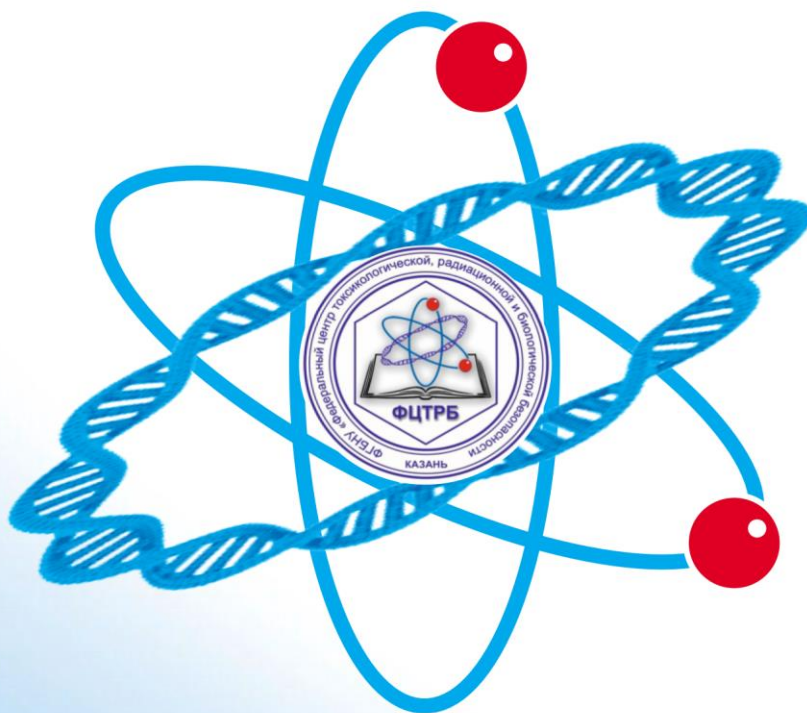


**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Департамент ветеринарии  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный центр токсикологической, радиационной  
и биологической безопасности»**



**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВЕТЕРИНАРНОЙ  
РАДИОБИОЛОГИИ, АГРОЭКОЛОГИИ И РАДИАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ В АПК**

**Сборник материалов  
Третьей Международной научно-практической конференции,  
посвящённой 95-летию со дня рождения профессора В.А. Киршина**

**Казань, 12 октября 2023 г.**

**Казань  
2023**

УДК 619:616-001.28/.29

ББК 48.66

**Редакционная коллегия:**

*Мингалеев Д.Н., Василевский Н.М., Зайнуллин Л.И.,  
Семенов Э.И., Фролов А.В., Майорова Е.Н., Низамов Р.Н.,  
Вагин К.Н., Рахматуллина Г.И., Вафин Ф.Р., Галлямова М.Ю.*

**Рецензенты:**

*Медетханов Ф.А. – доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой фармакологии, токсикологии и радиобиологии ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана»*

*Рыжкин С.А. – доктор медицинских наук, заведующий кафедрой радиотерапии и радиологии им. академика А.С. Павлова, начальник управления ДПО, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России*

*Кадиков И.Р. – доктор биологических наук, заведующий лабораторией техногенных экотоксикантов, ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»*

**Актуальные проблемы ветеринарной радиобиологии, агроэкологии и радиационных технологий в АПК:** сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции, посвящённой 95-летию со дня рождения профессора В.А. Киршина «Актуальные проблемы радиобиологии, агроэкологии и радиационных технологий в АПК», Казань, 12 октября 2023 г. Казань, ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», 2023. – 270 с.: ил.

ISBN 978-5-6047892-6-1

В сборнике представлены материалы Третьей Международной научно-практической конференции, посвящённой 95-летию со дня рождения профессора В.А. Киршина «Актуальные проблемы ветеринарной радиобиологии, агроэкологии и радиационных технологий в АПК» по следующим направлениям: теория, методика и практика в области радиобиологии, радиоэкологии и радиационной безопасности; тенденции исследований и векторы развития в области радиобиологии, радиоэкологии и радиационной безопасности; радиационные технологии в АПК и ветеринарии.

Ответственность за соблюдение законов об интеллектуальной собственности, достоверность приведенных сведений несут авторы публикуемых материалов. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на сборник материалов обязательна.

© ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», 2023

© Авторы, 2023

## ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МИГРАЦИЙ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В СИСТЕМЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ЗОНЕ ЛОКАЛЬНОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Григоркина Е.Б., Оленев Г.В.

*Институт экологии растений и животных Уральского отделения РАН, Екатеринбург  
Россия*

**Аннотация.** Представлен обзор собственных материалов изучения миграционной активности мелких млекопитающих, полученных в ходе радиоэкологического мониторинга популяций в зоне локального радиоактивного загрязнения (Восточно-Уральский радиоактивный след – ВУРС). Использована методика массового мечения животного населения родамином В, который включается в кератинсодержащие структуры (волосы, когти, вибриссы) и дает системную метку в виде желтой флуоресценции. Метка долго сохраняется, легко выявляется и передается детенышам с материнским молоком. Получены уникальные данные о миграциях животных, которые невозможно добыть другими методами. (1) Дистанция перемещения беременных перезимовавших обыкновенных бурозубок (*Sorex araneus*) из зоны ВУРС на фоновый участок составила 9300 м. (2) Зарегистрирована экскурсия сеголетка бурозубки на расстояние 800 м от участка обитания. (3) Выявлены молодые (возраст 2 мес) сеголетки мышей (*Sylvaemus uralensis*, *Apodemus agrarius*) и бурозубок с молочной меткой на дальних (1500 м и 9300 м) дистанциях, что позволяет осваивать новые участки в процессе расселения после выхода из гнезда. (4) Оценена ночная дистанция и скорость передвижения *S. uralensis*, которая составила 1500 м примерно за 14 час. Совокупность полученных результатов приводит к заключению, что дальние миграции грызунов и бурозубок не являются редкостью и могут рассматриваться как привычное явление. В зонах локального загрязнения следствием дальних перемещений животных является перенос радиационно-индуцированных эффектов (накопленного генетического груза) на сопредельные участки и влияние на генетическую структуру популяций. Методика группового мечения родамином показала свою эффективность при исследовании пространственных перемещений животных. Её целесообразно включить в систему мониторинговых радиоэкологических исследований в зонах локальных техногенных загрязнений, а также использовать для калибровки выборок животных при изучении отдалённых последствий радиационного и других токсических воздействий.

**Ключевые слова:** ВУРС, мелкие млекопитающие, миграции, групповое мечение, родамин, радиоэкологический мониторинг.

## PERSPECTIVE METHOD OF SMALL MAMMAL'S RESEARCH MIGRATIONS IN RADIOECOLOGICAL MONITORING AT THE ZONE OF LOCAL RADIOACTIVE POLLUTION

Grigorkina E.B., Olenev G.V.

*Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia*

**Abstract.** The review of small mammal's migratory activity' studying in zone of local radioactive pollution – Eastern Urals radioactive trace zone (EURT) is submitted. We used the technique of animals population' group marking with bait containing rhodamine B. One time ingestion of bait with biomarker ensures systemic marking, which fixed in keratin-containing structures (hairs, claws, vibrissae) and revealed by yellow fluorescence. Advantages of this label are – long-term retention, high probability of detection and possibility of its transmission with mother's milk. The unique data are presented. (1) The distance of pregnant overwintered common shrews' (*Sorex araneus*) movement from EURT zone to background site reached 9300 m. (2) A young shrew either abandoned its home range or made an 800-m journey. (3) Young animals (2 month age) - *Sylvaemus uralensis*, *Apodemus agrarius* and *S. araneus* with mother's milk were revealed on distant sites (1500 m and 9300 m). (4) The night distance and movement' speed of *S. uralensis* (1500 m for 14 hours) are estimated. To sum up new data one can conclude that long-distance movements of individuals are norm for small mammals. The presence of migrants traveling over long distances indicates the possibility of genetic information exchange between population groups. A transfer of radiation-induced effects from impact zone to contiguous territories and influence on genetic structure of populations are consequences of long distance migrations. These results give all grounds to recommend the technique of group marking by rhodamine B is perspective for radioecological monitoring as well as to use it for calibrate samples of animals in the study of remote effects of radiating and other toxic impacts.

**Keywords:** EURT, small mammals, migration, group marking, rhodamine B, radioecological monitoring.

**Введение.** Актуальность исследований биологических эффектов радиационного воздействия связана с наличием большого числа радиоактивно загрязненных территорий различных размеров и конфигурации, в результате аварийных ситуаций, разгерметизацией емкостей-хранилищ радиоактивных отходов, увеличением вероятности возобновления ядерных испытаний или возникновения конфликтов с применением ядерного оружия и другими угрозами, связанными с современной геополитической обстановкой.

Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС) – результат взрыва емкости-хранилища на ядерном предприятии ПО «Маяк» (1957 г., Южный Урал). Зона ВУРС отличается особенностями конфигурации, которую определили погодные условия в момент аварии. Загрязненной оказалась вытянутая узкая территория с резко падающим в поперечнике градиентом радиоактивного загрязнения. Фоновые виды грызунов – малые лесные мыши (*Sylvaemus uralensis*), полевые мыши (*Apodemus agrarius*), красные полевки (*Clethrionomys rutilus*) характеризуются высокой миграционной активностью. За короткое время мыши перемещаются на расстояние от 800 м до 2,5 км [1].

Специальные исследования миграций мелких млекопитающих в зоне ВУРС впервые начаты нами в 2002 г. В качестве биомаркера использовали тетрациклин согласно методике [2]. За 4 года мечения выявлен широкий спектр активности грызунов, как в радиационном заповеднике, так и за его пределами [3]. Однако этот метод не позволил оценить миграции бурозубок-землероек, которые являются важным компонентом



кормом. Этот зверек либо покинул natalный участок, либо совершил экскурсию за пределы радиационного заповедника, во время которой также успешно пересек дорогу. О миграциях беременных самок *S. araneus* на расстояние 1500 м при переселении с natalных участков сообщалось в работе [8]. Зимние перемещения неполовозрелых *S. araneus* по льду озера Еколн (Швеция) на расстояния 3–5 км описаны [9]. Выявленная нами дистанция – 9300 м, является максимальной из известных на данный момент для *S. araneus*.

#### *Скорость перемещения малой лесной мыши (Sylvaemus uralensis Pallas, 1811)*

Групповое мечение в разные сезоны позволило получить новые сведения о дальних миграциях (расселении и переселении) *S. uralensis* за пределами домашнего участка обитания. Впервые выявлено два эпизода перемещений сеголеток разного функционального статуса на расстояние 1500 м (рис. 1, с № 2 на № 1), за период не более 14 часов [10]. В первом случае (май 2019 г.) это был размножающийся самец (23,0 г) с системной меткой (рис. 2а, б). Во втором – неразмножающийся самец (16,0 г), который случайно соприкоснулся с приманкой без ее поедания (рис. 2с).

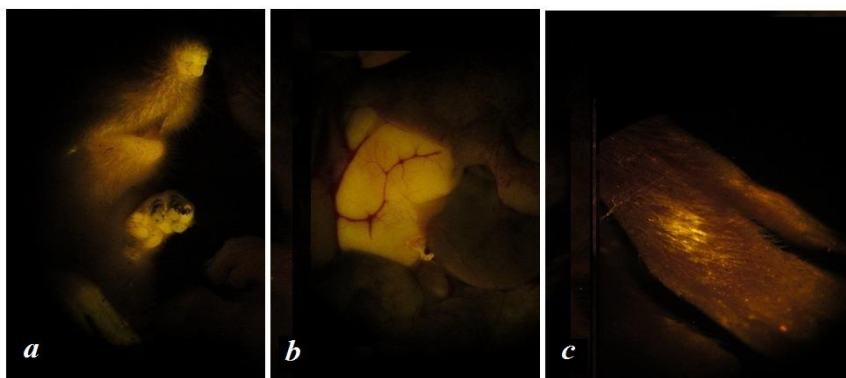


Рисунок 2 – Родаминовые метки у *S. uralensis* переместившихся на расстояние 1500 м за 14 час в ночное время суток: а б – метка при поедании приманки с родамином В (желтое свечение) (а – на морде и лапе, б – в кишечнике); с – несистемная метка (внешнее загрязнение) при случайном соприкосновении с приманкой, содержащей краситель.

#### *Дальние миграции молодых сеголеток, выявленные по «молочной» метке*

В ходе исследований отловлено 231 животное, 59 особей (25.5%) оказались с меткой. Среди них – 6 молодых зверьков (10.2% от числа меченых) имели метку, полученную с материнским молоком: 3 – *S. uralensis*, 2 – *A. agrarius* (12.0–14.0 г) и *S. araneus* (7.0 г). Самка *A. agrarius* и 2 самца *S. uralensis* были пойманы через 1.5 и 2.5 мес. на площадке мечения (рис. 1, № 2). Три других зверька переместились в разных направлениях: самец *S. araneus* (через 1.5 мес.) и самка *S. uralensis* (через 2.5 мес.) выловлены на контроле (9300 м) (рис. 1, № 4), что позволяет говорить об общем пути их перемещения [11]. Самка *A. agrarius* оказалась в улове на удалении 1500 м (рис. 1, № 1) спустя 4 мес. после мечения. В итоге, отловлено шесть молодых сеголеток трех видов с молочной меткой (возраст мышей 1.5–2 мес.), объединенных общим местом рождения на участке мечения в зоне ВУРС. Одна половина из них имела статус резидентов, другая – статус дальних мигрантов, переместившихся на новые участки в процессе расселения. Диагностические признаки метки, полученной с молоком грызунами и бурозубками, детально описаны нами [11].

**Заключение.** Таким образом, результаты исследований позволяют заключить, что дальние перемещения, которые регистрировались нами [3, 7, 10, 11] в ходе группового мечения тетрациклином и родамином являются нормой для мелких млекопитающих

любого возраста. Для техногенных/радиоактивно загрязненных территорий локальной конфигурации (ВУРС) наличие подобных миграций имеет принципиальное значение. Это связано с воздействием поллютантов (радионуклидов) на организм животных на ранних наиболее чувствительных стадиях онтогенеза, а также с переносом радиационно-индуцированных биологических эффектов на сопредельные территории и влиянием на генетическую структуру популяций. Методика группового мечения родамином показала свою эффективность при исследовании пространственных перемещений животных. Её целесообразно включить в систему мониторинговых радиоэкологических исследований в зонах локальных техногенных загрязнений, а также использовать для калибровки выборок животных при изучении отдалённых последствий радиационного и других воздействий.

Сбор материала, анализ и интерпретация результатов выполнены в рамках государственных заданий ИЭРиЖ УрО РАН (№ 122021000077–6, № 122021000085–1), приготовление приманки и выявление метки проведены при поддержке РФФИ (№ 20–04–00164). Благодарим к.б.н. О.В. Толкачеву за фото и детекцию метки.

### Литература

1. Большаков, В.Н. Радионуклидные методы мечения в популяционной экологии млекопитающих / В. Н. Большаков, А. В. Баженов. – М.: Наука, 1988. – 157 с.
2. Клевезаль, Г.А., Методика группового мечения грызунов с помощью тетрациклина и возможности ее использования в экологических исследованиях / Г. А. Клевезаль, М. В. Мина // Зоологический журнал. – 1980. – Т. 59. – № 6. – С. 936–941.
3. Григоркина, Е.Б. Миграции грызунов в зоне локального радиоактивного загрязнения на разных фазах динамики численности и их следствия / Е. Б. Григоркина, Г. В. Оленев // Известия РАН. Серия биологическая. – 2018. – № 1. – С. 123–132.
4. Fisher, P. Review of using Rhodamine B as a marker for wildlife studies / P. Fisher // Wildl. Soc. Bull. – 1999. – V. 27. – P. 318–329.
5. Толкачев, О.В., Новый метод детекции родаминовой метки и возможности его применения в зоологических исследованиях / О. В. Толкачев, Е. Н. Беспмятных // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. – 2019. – Т. 12. – № 4. – С. 352–365.
6. Tolkachev, O. A new baiting scheme and simple method of rhodamine B detection could improve biomarking of small mammals / O. Tolkachev // European Journal of Wildlife Research. – 2019. – V. 65. – Article No. 10. doi: 10.1007/s10344-018-1243-5
7. Григоркина, Е.Б. Нерезидентная активность бурозубок (*Sorex araneus*, Eulipotyphla): массовое мечение / Е. Б. Григоркина, Г. В. Оленев // Экология. – 2021. – № 4. – С. 316–320.
8. Щипанов, Н.А. Нерезидентность и расселение у обыкновенных бурозубок (*Sorex araneus*, Insectivora) / Н. А. Щипанов, А. В. Купцов, Т. Б. Демидова [и др.] // Зоологический журнал. – 2008. – Т. 87. – № 3. – С. 331–343.
9. Tegelström, H. Evidence of long-distant dispersal in the common shrew (*Sorex araneus*) / H. Tegelström, L. Hansson // Z. Saugetierk. – 1987. – V. 52. – P. 52–54.
10. Григоркина, Е.Б. Дальние перемещения малой лесной мыши (*Sylvaemus uralensis*, Muridae): скорость и дистанция, выявленные при групповом мечении / Е. Б. Григоркина, Г. В. Оленев // Зоологический журнал. – 2022. – Т. 101. – № 11. – С. 1300–1304.
11. Григоркина, Е.Б. Способ выявления точного места рождения мелких млекопитающих в исследованиях с применением группового мечения родамином / Е. Б. Григоркина, Г. В. Оленев, О. В. Толкачев // Экология. – 2022. – № 2. – С. 153–158.

### References

1. Bol'shakov, V.N. Radionuclide methods of marking in population ecology of mammals / V. N. Bol'shakov, A. V. Bazhenov. – Moskva.: Nauka, 1988. – 157 p.

2. Klevezal, G.A. Tetracycline method of group marking for rodents and prospect of its utilization in ecological studies / G. A. Klevezal, M. V. Mina // Zoologichesky zhurnal. – 1980. – V. 59. – N 6. – P. 936–941.
3. Grigorkina, E.B. Migrations of rodents in the zone of local radioactive contamination at different phases of population dynamics and their consequences / E. B. Grigorkina, G. V. Olenev // Biology Bulletin. – 2018. – V. 45. – No. 1. – P. 110–118.
4. Fisher, P. Review of using Rhodamine B as a marker for wildlife studies / P. Fisher // Wildl. Soc. Bull. – 1999. – V. 27. – P. 318–329.
5. Tolkachev, O.V. The new method of rhodamine mark detection and its application possibilities in zoological studies / O.V. Tolkachev, E.N. Bepamyatnykh // Journal of Siberian Federal University. Biology. – 2019. – V. 12. – No. 4. – P. 352–365.
6. Tolkachev, O. A new baiting scheme and simple method of rhodamine B detection could improve biomarking of small mammals / O. Tolkachev // European Journal of Wildlife Research. – 2019. – V. 65. – Article No. 10. doi: 10.1007/s10344-018-1243-5
7. Grigorkina, E.B. Nonresident activity of shrews (*Sorex araneus*, Eulipotyphla): group marking / E. B. Grigorkina, G. V. Olenev // Russian Journal of Ecology. – 2021. – V. 52. – No. 4. – P. 344–348.
8. Shchipanov, N.A. Nonresidence and dispersal in common shrews (*Sorex araneus*, Insectivora) / N. A. Shchipanov, A. V. Kuptsov, T. B. Demidova [et al.] // Zoologichesky zhurnal. – 2008. – V. 87. – No. 3. – P. 331–343.
9. Tegelström, H., Evidence of long-distant dispersal in the common shrew (*Sorex araneus*) / H. Tegelström, L. Hansson // Z. Säugetierk. – 1987. – V. 52. – P. 52–54.
10. Grigorkina, E.B. Long-distance movements of pygmy wood mouse (*Sylvaemus uralensis*, MURIDAE): moving speed and distance revealed by group biomarking / E. B. Grigorkina, G.V. Olenev // Zoologichesky zhurnal. – 2022. – V. 101. – No. 11. – P. 1300–1304.
11. Grigorkina, E. B. Method for detection of exact place of birth of small mammals in the studies using group labeling with rhodamine / E. B. Grigorkina, G. V. Olenev, O. V. Tolkachev // Russian Journal of Ecology. – 2022. – Vol. 53. – No. 2. – P. 136–141.