

УДК 539.163:599.4

НАКОПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ РУКОКРЫЛЫМИ (*Chiroptera*) НА УРАЛЕ

© 2016 г. А. И. Смагин^{1, 2, *}, М. Я. Чеботина³, О. Л. Орлов^{4, 5}, В. П. Гусева³, О. М. Сидоркина⁶¹Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), Челябинск, Россия²Южно-Уральский институт биофизики, Озёрск Челябинской обл., Россия³Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия⁴Уральский государственный педагогический университет, Екатеринбург, Россия⁵Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия⁶Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт Россельхозакадемии, Екатеринбург, Россия

*e-mail: Smagin54@mail.ru

Поступила в редакцию 04.03.2015 г.

В работе приводятся данные об уровнях радиоактивного загрязнения летучих мышей, обитающих в жилых строениях на берегу оз. Акакуль в Челябинской области. Берег озера является рекреационной зоной для жителей городов Озёрск, Кыштым, Челябинск, Екатеринбург. Мощность экспозиционной дозы (МЭД) в районе исследования составляет 0.15–0.17 мкЗв/ч, плотность потока β -частиц (ППБЧ) – 20 част./см² в мин, эти значения ниже санитарных нормативов. МЭД от гуано рукокрылых на чердаках строений составляла 10–12 мкЗв/ч, а ППБЧ – от 150 до 2250 част./см² в мин, что выше допустимых уровней, согласно принятым нормативам. Установлено, что животные из летних выводковых колоний, заселяющих строения на берегу оз. Акакуль, накапливают ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в концентрациях, на порядки превышающих соответствующие показатели для животных, обитающих на контрольных территориях в Свердловской области. Так в 2010 г. средние удельные активности ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в тушках прудовой ночницы на оз. Акакуль составляли 201 ± 74 и 6.6 ± 3.3, а в 2011 г. – 350 ± 58 и 21 ± 5 кБк/кг сырой массы соответственно. Показано отсутствие достоверных различий в уровнях накопления радионуклидов в зависимости от возраста животных. Установлены уровни содержания радионуклидов у беременных и яловых самок рукокрылых. В 2010 г. значительная часть животных по содержанию ⁹⁰Sr (41%) и ¹³⁷Cs (18%) достигала уровня радиоактивных отходов, а в 2011 г. значения показателей составляли по ⁹⁰Sr – 75% и ¹³⁷Cs – 46%. Высказано предположение относительно источника поступления радионуклидов в организм животных, обитающих на оз. Акакуль.

Ключевые слова: летучие мыши, оз. Акакуль, ПО “Маяк”, радионуклиды, удельная активность

DOI: 10.7868/S0869803116060138

В 1993 г. на берегу оз. Акакуль в Челябинской области был обнаружен феномен радиоактивного загрязнения деревянных строений экскрементами летучих мышей, обитающих на чердаках этих зданий. Озеро расположено в 10–15 км юго-западнее основной группы технологических водоемов – хранилищ радиоактивных отходов ПО “Маяк”, его акватория и прибрежные территории не подвергаются непосредственному радиоактивному воздействию предприятия и не пострадали в результате радиационных инцидентов в 50-е годы XX века. Неоднократные дозиметрические обследования территории, проведенные нами и санитарными службами, показали, что β - и γ -излучение в рекреационной зоне водоема не превышает фоно-

вые показатели: мощность экспозиционной дозы (МЭД) составляет 0.15–0.17 мкЗв/ч, плотность потока β -частиц (ППБЧ) – 20 част./см² в мин [1–4]. Вода оз. Акакуль и обитающая в нем рыба не содержат повышенных концентраций радионуклидов [5]. На берегу озера расположены садовые участки, базы отдыха и детские оздоровительные лагеря; озеро является местом отдыха жителей городов Озёрск, Кыштым, Челябинск, Екатеринбург.

Многолетние полевые наблюдения позволили установить, что на исследуемой территории встречаются восемь видов летучих мышей (*Chiroptera*), принадлежащих к шести родам семей-

ства гладконосых или обыкновенных. Наиболее часто встречаются: прудовая ночница (*Myotis dasycneme* (Boie, 1825)), двухцветный кожан (*Vesperugo murinus* L., 1758), северный кожанок (*Eptesicus nilssonii* Key. et Blas., 1839) [6]. Представители этих видов являются многочисленными и типичными для территории Челябинской области, поэтому не занесены в местную Красную книгу. К редким видам, занесенным в Красную книгу Челябинской области, относятся: ночница Брандта (*Myotis brandtii* Eversmann, 1845), усатая ночница (*Myotis mystacinus* Kuhl., 1817), водяная ночница (*Myotis daubentonii* Kuhl., 1817), бурый ушан (*Plecotus auritus* L., 1758), нетопырь Натусиуса (*Pipistrellus nathusii* Key. et Blas., 1839) [6].

В Красную книгу Свердловской области, расположенной севернее района исследования, занесены семь видов летучих мышей, это ночница Брандта, усатая ночница, водяная ночница, прудовая ночница, бурый ушан, нетопырь Натусиуса, северный кожанок. Двухцветный кожан — достаточно массовый вид рукокрылых Зауралья — не внесен в Красные книги территорий Челябинской и Свердловской областей, где проводились исследования. Необходимо отметить, что ни один вид из обитающих на Урале летучих мышей не внесен в Красную книгу России [7].

На Урале животные обитают в пещерах, неработающих штольнях, шахтах и других горных выработках. Для формирования материнских выводковых колоний, состоящих преимущественно из взрослых самок, прудовые ночницы заселяют чердаки старых деревянных строений, расположенных на берегах озер [6–8].

Феномен радиоактивного загрязнения деревянных строений рукокрылыми был впервые обнаружен одним из отдыхающих в 1993 г. на базе отдыха Челябинского трубопрокатного завода (ЧТПЗ), расположенной на оз. Акакуль. Расследовали радиационный инцидент радиозэкологи Опытной научно-исследовательской станции ПО “МАЯК”. Было установлено, что источником загрязнения является помет летучих мышей, заселивших верхние ярусы жилых строений. Повышенные уровни радиоактивного загрязнения имели стыки стен с крышей и чердаки, где МЭД составляла 4–10 мкЗв/ч, а ППБЧ — 420 част./см² мин. В некоторых “старых” постройках толщина слоя экскрементов летучих мышей в межстенных проемах достигала 2 м, предположительно, этот слой сформировался в течение 40 лет. В верхнем слое помета были обнаружены долгоживущие техногенные радионуклиды ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs (100–1000 Бк/кг сухой массы), а также короткоживущий радионуклид ¹³⁴Cs. Послойное исследование залежи гуано показало, что концентрация радионуклидов ⁹⁰Sr и ^{134,137}Cs в нем возрастала по направлению к поверхности, следовательно, увеличивалась в ис-

следованном временном интервале. Сопоставление этих данных с возрастом построек и началом деятельности ПО “Маяк” позволило заключить, что источником радиоактивного загрязнения являются водоемы, в которые осуществлялись сбросы жидких радиоактивных стоков [2, 9, 10]. Снижение концентрации радионуклидов в нижних слоях залежи отчасти можно объяснить процессами радиоактивного распада изотопов за истекший период времени.

Значения удельной активности радионуклидов в тушках отловленных животных (прудовая ночница) варьировали в широких пределах: ⁹⁰Sr — от 33 до 1380 кБк/кг при среднем значении 416 ± ± 95 кБк/кг, а ¹³⁷Cs — от 10 до 728 кБк/кг при среднем значении 170 ± 60 кБк/кг сухой массы [1]. Установлено, что с увеличением массы тела животных концентрация ⁹⁰Sr в них возрастает, а концентрация ¹³⁷Cs практически не зависит от массы тела [2].

Уровни накопления радионуклидов зависят от вида летучих мышей, в частности, особенностей их питания. Накопление ⁹⁰Sr у прудовой ночницы было выше, чем у северного кожанка. Последнее связано с тем, что прудовые ночницы охотятся над поверхностью озер, их пищей являются насекомые, развивающиеся в воде, тогда как северные кожанки добывают пищу над поверхностью суши и могут существенно разбавлять свой рацион “чистыми” насекомыми [4].

После выявления радиационного загрязнения помещений в 1993 г. были экстренно проведены работы по дезактивации, которые позволили снизить уровень радиоактивного загрязнения строений в сотни и тысячи раз до значений принятых нормативов. Эффект дезактивации носил временный характер. Через несколько лет летучие мыши вновь поселились на чердаках и под крышей в дезактивированных деревянных строениях [4]. По нашим рекомендациям крыши летних домиков в лагере отдыха ЧТПЗ были реконструированы — здания закрыты плоскими крышами, ликвидированы межстенные проемы — места базирования колоний рукокрылых, после чего мыши исчезли, вероятно, животные переселились в другие убежища.

В результате широкомасштабного обследования строений на берегу оз. Акакуль были обнаружены еще несколько построек, в которых обитали мыши, имеющие повышенные уровни радиоактивного загрязнения [4, 10, 11].

Поскольку с момента последних радиозэкологических исследований летучих мышей, обитающих в летних колониях на оз. Акакуль, прошло достаточное количество времени, представляло интерес оценить современную радиозэкологическую ситуацию на указанной территории.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Объектом исследования служили летучие мыши, обитающие на территории Челябинской и Свердловской областей (рис. 1, а, б). В Челябинской области отлов животных производили на территории базы отдыха “Солнечная” и в оздоровительном лагере “Звездочка”, которые расположены на берегу оз. Акакуль. В качестве контрольной группы использовали рукокрылых из окрестностей г. Новоуральска, из Природного парка “Оленьи ручьи” и Смолинской пещеры в Свердловской области. Работу проводили в летний период 2010 и 2011 гг.

При проведении исследований наличие колоний летучих мышей в деревянных строениях на берегу оз. Акакуль определяли методом опроса персонала, по присутствию помета на стенах зданий, характерному шуму и с помощью ультразвукового детектора “Magenta Electronic MR II” (Англия) и “Pettersson D-100” (Швеция). Дозиметрическое обследование зон обитания животных проводили, используя поверенные дозиметры-радиометры МКС-05 “ТЕРРА” и ДСК-96. Животных отлавливали ряжевыми сетями, которые развешивались напротив мест вылета летучих мышей из убежища. Попавших в сеть животных освобождали, определяли вид, пол, возраст, присваивали номер и помещали в специальный мешочек, дозиметрами-радиометрами оценивали уровень их радиоактивного излучения. Отловленных животных усыпляли эфиром.

В процессе обследования территории было установлено, что в колониях на оз. Акакуль преобладали два вида животных – прудовая ночница и двухцветный кожан, реже встречался северный кожанок. В 2010 г. в этом районе было отловлено восемь особей прудовых ночниц, семь – двухцветных кожанов и два – северных кожанка. Из числа всех особей одна прудовая ночница отловлена в колонии на базе отдыха “Солнечная”, все остальные мыши – в лагере “Звездочка”. В 2011 г. на территории лагеря “Звездочка” отловлено 24 особи прудовых ночниц, их них 20 – беременные самки, две особи – яловые самки и два самца. Кроме прудовых ночниц были отловлены четыре беременные самки двуцветного кожанка. В 2010 г. в контрольном районе (окрестности г. Новоуральска) отловлено шесть особей двухцветного кожанка, который не занесен в Красную книгу Свердловской области. Поскольку обитающие на контрольной территории прудовая ночница и северный кожанок, как указывалось выше, занесены в Красную книгу Свердловской области, в процессе проведения исследований мы использовали животных, погибших во время зимовки. Во время плановых учетов рукокрылых, зимующих в пещерах, были собраны семь погибших во время зимовки особей прудовых ночниц в Смо-

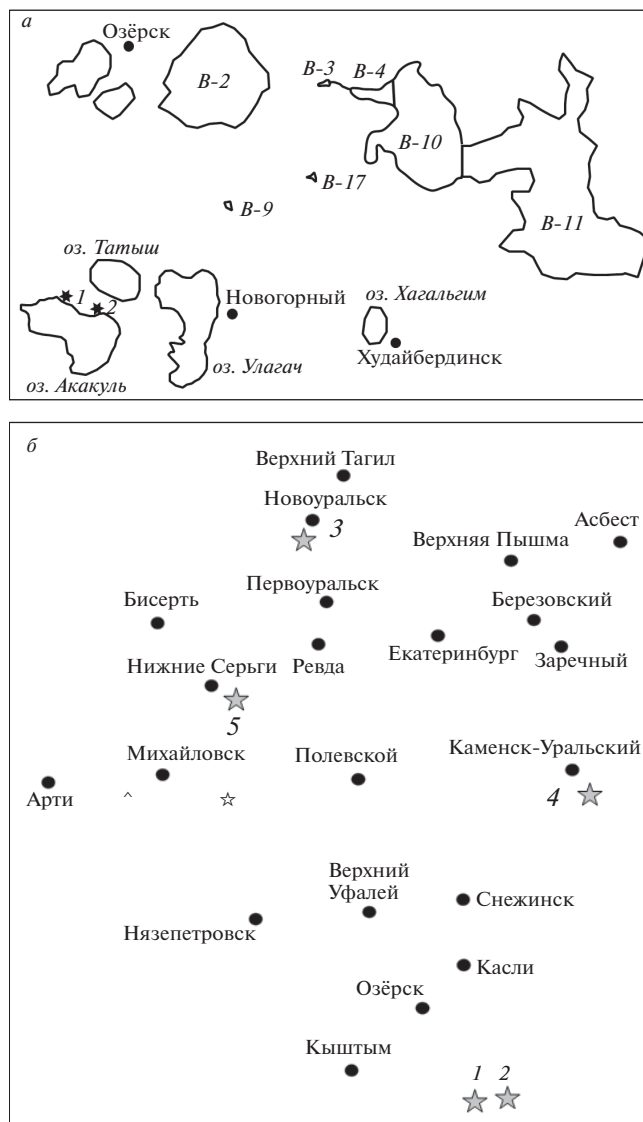


Рис. 1. Карты-схемы расположения районов исследования летучих мышей на территориях Челябинской и Свердловской областей (звездочками отмечены места отлова и сбора животных): а – места отлова животных в районе озера Акакуль (1, 2) и их расположение относительно производственных водоемов ПО “Маяк”; б – места отлова и отбора контрольных животных на территории Свердловской области: 3 – окрестности г. Новоуральска, 5 км к востоку от промплощадки УЭХК; 4 – Каменский район, Смолинская пещера; 5 – Нижнесергинский район, Природный парк “Оленьи ручьи”.

линской пещере и одна погибшая особь северного кожанка на территории Природного парка “Оленьи ручьи”.

Отловленных живых животных усыпляли эфиром, взвешивали и высушивали, озоляли в фарфоровых тиглях в муфельной печи при температуре 450–500°С. Пробы золы растирали до порошкообразного состояния. Концентрацию ⁹⁰Sr в

пробах определяли радиохимическим методом, основанным на выщелачивании химических элементов 6H соляной кислотой с последующим осаждением оксалатов щелочноземельных элементов и выделением из раствора ^{90}Sr в виде карбонатов. Содержание ^{90}Sr определяли по дочернему ^{90}Y после их разделения безугольным аммиаком. Радиометрию полученных осадков производили на малофоновой установке УМФ-2000 с полупроводниковым детектором из высокоомного кремния размером 20×20 мм. Ошибка измерений не превышала 10–15%.

Определение содержания ^{137}Cs в пробах проводили с помощью сцинтилляционного γ -спектрометра с использованием программного обеспечения “Прогресс”. Ошибка счета не превышала 15–20%. Концентрацию радионуклидов рассчитывали на сырую массу тушки.

Статистическую обработку результатов радиологических исследований проводили при помощи компьютерной программы STATISTICA (тест Манна–Уитни).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате обследования ряда зданий на берегу оз. Акакуль было установлено, что МЭД от гуано рукокрылых, скапливающегося в процессе жизнедеятельности на чердаках и верхних ярусах обшивки стен в местах базирования колоний (3–4 м от поверхности земли либо пола), составляла 10–12 мкЗв/ч, а ППБЧ – от 150 до 2250 част/(см² мин). Эти значения выше допустимых уровней, регламентированных СанПиН 2.6.1.25.23.-09 и СанПиН 2.6.1.280-10, составляющих для жилых помещений по МЭД 0.3 мкЗв/ч, а ППБЧ 10 част/(см² мин) [12, 13]. При удалении от эпицентра пятен на расстоянии 1.5–2 м значения МЭД и ППБЧ резко снижались и на уровне зоны обитания человека достигали нормативных значений.

Уровни концентраций ^{90}Sr и ^{137}Cs в тушках летучих мышей, отловленных на оз. Акакуль в 2010 г., характеризовались значительной вариабельностью, достигающей в ряде случаев нескольких порядков величин. Последнее согласуется с результатами ранее проведенных исследований [4]. В частности, в тушках прудовой ночницы концентрация ^{90}Sr варьировала от 8 до 1070, а ^{137}Cs – от 0.7 до 360 кБк/кг сырой массы. В тушках двухцветного кожана минимальное содержание ^{90}Sr регистрировалось 0.2, а максимальное – 400 кБк/кг; минимальные значения ^{137}Cs были на грани предела обнаружения, а максимальные – 4 кБк/кг. Две особи северного кожана содержали соответственно 48 и 36 кБк/кг ^{90}Sr и 11 и 0.8 кБк/кг ^{137}Cs .

В 2010 г. по результатам радиационного обследования летучих мышей из района оз. Акакуль установлено, что значительная часть животных по содержанию радионуклидов (41% по ^{90}Sr и 18% по ^{137}Cs) достигала уровня радиоактивных отходов [14, 15].

Что касается контрольных территорий, следует отметить, что в тушках прудовой ночницы из Природного парка “Оленьи ручьи” и Смоленской пещеры концентрация ^{90}Sr изменялась в пределах 0.01–0.19 кБк/кг при среднем значении 0.05 кБк/кг. Примерно такие же уровни загрязнения ^{90}Sr имели три особи двухцветного кожана из района Новоуральска, тогда как у трех других особей данного вида содержание ^{90}Sr было больше примерно на порядок величины (0.3–0.5 кБк/кг). Можно предположить, что некоторые животные из этой колонии посещают более загрязненные ^{90}Sr места, другие же питаются на территориях с уровнями глобального радиационного фона. Концентрация ^{137}Cs во всех мышках контрольной группы была на грани обнаружения.

На рис. 2 представлены средние значения концентраций радионуклидов для трех видов летучих мышей, обитающих на исследованных территориях. Уровни содержания ^{90}Sr у прудовой ночницы, двухцветного кожана и северного кожана на оз. Акакуль составляют соответственно 201 ± 74 ; 103 ± 82 и 42 ± 11 кБк/кг сырой массы, тогда как у аналогичных видов животных из контрольной группы они значительно ниже и составляют 0.05 ± 0.02 ; 0.19 ± 0.08 и 0.10 (одна особь) кБк/кг. Содержание ^{137}Cs в тушках указанных видов животных на оз. Акакуль составляет соответственно 6.6 ± 3.3 ; 1.3 ± 0.7 и 5.9 ± 3.0 кБк/кг сырой массы, на контрольных же территориях, как указывалось выше, содержание этого радионуклида в тушках животных находится на грани чувствительности метода.

В организме всех исследованных животных ^{90}Sr накапливается достоверно больше, чем ^{137}Cs ($p < 0.05$). Последнее можно объяснить, с одной стороны, более высокими уровнями содержания ^{90}Sr в природной среде зоны воздействия предприятия ЯТЦ (почвах, воде промышленных водоемов-накопителей) относительно ^{137}Cs , а с другой – видовыми особенностями животных [2–4, 10, 11].

Статистическая обработка данных за 2010 г. показала отсутствие достоверных различий в уровнях накопления ^{90}Sr прудовой ночницей и двухцветным кожаном в районе оз. Акакуль ($p > 0.05$). В то же время различие между этими видами по накоплению ^{137}Cs оказалось статистически значимо ($p = 0.04$).

Из данных, представленных на рис. 3, следует, что взрослые (ad) и ювенильные (juv) особи двух видов мышей (прудовой ночницы и двухцветного

кожана) существенно не различаются по степени накопления исследуемых радионуклидов, хотя в предыдущем исследовании такое различие было установлено для ^{90}Sr [4].

Исследования, проведенные летом 2011 г. в лагере “Звездочка” на берегу оз. Акакуль, показали, что концентрация ^{90}Sr в организме прудовых ночниц варьировала от 24 до 1112, а ^{137}Cs – от 4 до 106 кБк/кг сырой массы. Как указано выше, в выборке летучих мышей в это время преобладали беременные самки прудовых ночниц и двухцветных кожанов. Средние уровни концентраций у прудовых ночниц составляли: у беременных самок по ^{90}Sr 407 ± 69 , ^{137}Cs – 27 ± 7 ; у яловых самок этого вида соответственно 229 ± 163 и 20 ± 12 ; у беременных самок двухцветных кожанов – 44 ± 25 и 8 ± 6 кБк/кг сырой массы соответственно (рис. 4). Следует заметить, что в выборке летучих мышей за 2011 г. значительная часть особей (75% по ^{90}Sr и 46% по ^{137}Cs) имела статус радиоактивных отходов.

Концентрации радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs , накопленных в организмах рукокрылых из выборок 2010 и 2011гг., статистически значимо не различаются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследования 2010 и 2011 гг. подтвердили ранее полученные сведения о том, что после дезактивации летних деревянных строений на оз. Акакуль летучие мыши вновь поселяются на чердаках и под крышей зданий в одних и тех же убежищах. Известно, что для рукокрылых характерна приуроченность к постоянным местам обитания (инстинкт дома, хоминг), животные стремятся занимать одни и те же ранее выбранные убежища и находят путь к ним, преодолевая значительные расстояния. По данным Гриффиса [6], частота возвращения ряда американских видов ночниц, кожанов и нетопырей составляет от 35 до 47% в зимние убежища и до 11.5% – в летние. По данным Эйзенраута [16], возврат больших ночниц на зимовки в пещеры в отдельные годы достигал 77.5–92.2% от общего числа окольцованных предыдущей зимой животных.

Животные из летних выводковых колоний лагеря “Звездочка” накапливают ^{90}Sr и ^{137}Cs в концентрациях, на порядки превышающих соответствующие показатели у животных, обитающих на контрольных территориях. Значительная часть особей из колоний лагеря “Звездочка” по содержанию ^{90}Sr и ^{137}Cs в тканях достигала уровня радиоактивных отходов.

Исследования, проведенные нами ранее, позволили предположить, что источником радионуклидов, поступающих в организм летучих мышей, обитающих в деревянных строениях на

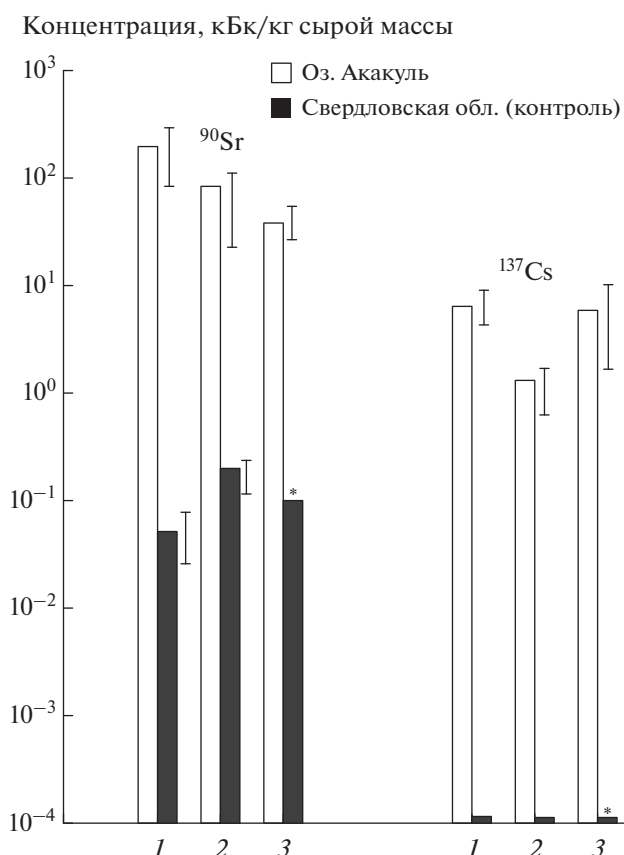


Рис. 2 Усредненные концентрации радионуклидов в тушках летучих мышей из лагеря “Звездочка” на оз. Акакуль и контрольной группы животных: 1 – прудовая ночница; 2 – двухцветный кожан; 3 – северный кожанок.

* Одна особь. Отлов 2010г.

оз. Акакуль, могут служить технологические водоемы предприятия ПО “Маяк” с высоким уровнем радиоактивного загрязнения. Промежуточным звеном между водоемами и рукокрылыми являются развивающиеся в этих водоемах насекомые, личиночная стадия которых проходит в воде. Специальные исследования показали, что насекомые, отловленные в пойме технологических водоемов предприятия, содержали на порядки величин больше ^{90}Sr и ^{137}Cs , чем на сухопутном участке Восточно-Уральского радиоактивного следа. Нами было установлено, что концентрация радионуклидов возрастала в ряду вода < насекомые < летучие мыши < свежий помет мышей [4, 11]. После вылета из воды насекомые скапливаются в рои, насчитывающие миллионы особей. В определенные периоды времени при недостатке корма в районе оз. Акакуль летучие мыши, используя эхолокацию и слух, способны обнаружить рой насекомых и совершать перелеты на значительные расстояния, в частности,

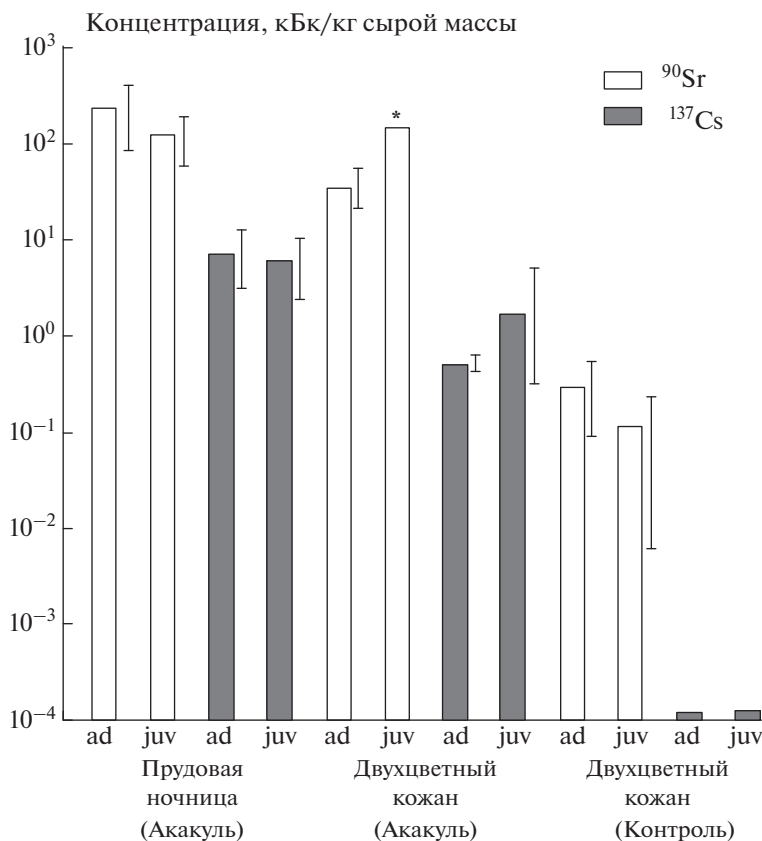


Рис 3. Усредненные концентрации радионуклидов в тушках взрослых (ad) и ювенильных (juv) особей летучих мышей в разных районах исследований. *Одна особь. Отлов 2010г.

на водоемы-хранилища радиоактивных отходов [4, 10].

Поиски мест зимовок радиоактивных рукокрылых в традиционных убежищах, пещерах и заброшенных штольнях в окрестностях оз. Акакуль, не дали результатов. Возможно, животные зимуют в промышленной зоне радиационно-опасного предприятия ПО «Маяк», используя подземные системы специальной канализации, по которой происходит сброс отходов, и другие комфортные убежища. В этом случае радиоактивные вещества могут поступать в организм во время зимовки. В первые недели после зимовки животные окончательно не покидают убежища и начинают кормиться насекомыми на загрязненной территории, накапливая радионуклиды [11].

Известно, что летучие мыши отличаются высокой скоростью обменных процессов, поэтому нуждаются в большом количестве пищи. Во время кормления одна особь поедает 500–600 насекомых в час, а масса съеденной пищи может достигать 35–40% от массы тела. Употреблением большого количества радиоактивного корма можно объяснить высокую радиоактивность помета летучих мышей в местах базирования выводковых колоний на берегах оз. Акакуль и высокие

уровни накопления радионуклидов в тушках самих животных.

Подводя итог, следует подчеркнуть, что в районе оз. Акакуль имеет место конфликтная ситуация между человеком и летучими мышами, когда радиоактивные животные заселяют верхние ярусы жилых домиков. Отдыхающие, выкупившие жилье на летний сезон, проводят ремонты и планомерно уничтожают животных, стрекоз, пчел и шуршащих на чердаках, в местах базирования колоний. Кроме того, рукокрылые уничтожаются сотрудниками санэпидстанций во время весенних дезинфекций чердаков зданий. Однако после истребления колоний, как оказалось, оставшиеся радиоактивные мыши вновь возвращаются на прежние места обитания.

В отряд рукокрылых входят многие редкие виды животных, нуждающиеся в охране. Как было сказано выше, виды, доминирующие на обследованной территории – прудовая ночница, двухцветный кожан и северный кожанок, не являются редкими для Российской Федерации и не занесены в Красную книгу Челябинской области. Двухцветный кожан не является краснокнижным видом для Свердловской области.

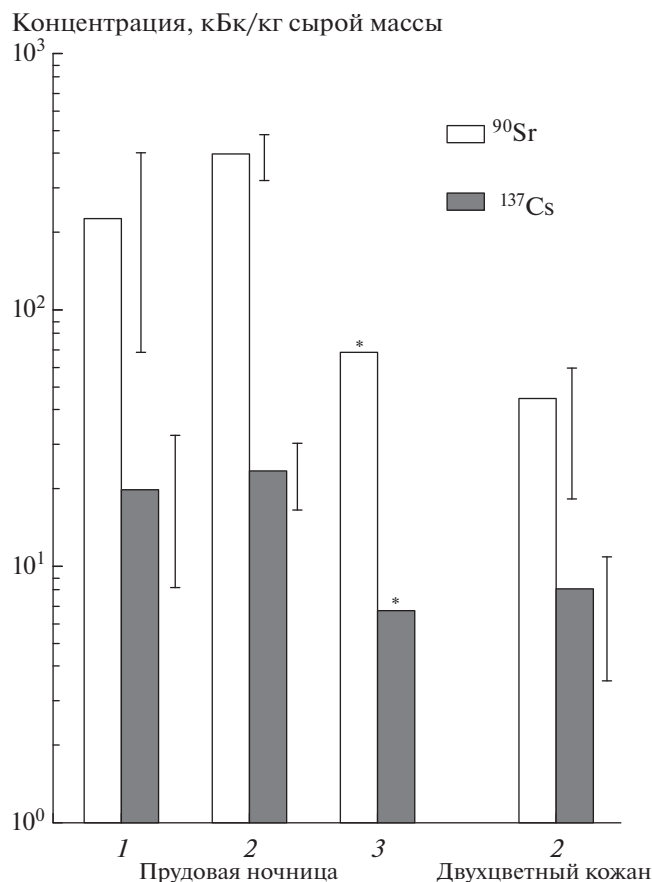


Рис. 4. Усредненные концентрации радионуклидов в тушках летучих мышей из лагеря “Звездочка” в районе оз. Акакуль: 1 – самки; 2 – беременные самки; 3 – самцы (* две особи). Отлов 2011 г.

В районе оз. Акакуль и на других местообитаниях рукокрылых в зоне воздействия ПО “Маяк” в качестве охранных мероприятий можно предложить реконструкцию зданий с целью предотвращения проникновения в них летучих мышей и создание для них искусственных убежищ вдали от мест отдыха населения.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что животные, заселяющие верхние ярусы ряда деревянных строений на оз. Акакуль, имеют повышенные по сравнению с контролем уровни радиоактивного загрязнения. МЭД от гуано рукокрылых, скапливающегося в процессе жизнедеятельности в местах обитания рукокрылых (3–4 м от поверхности земли либо пола), составляла 10–12 мкЗв/ч, а ППБЧ – от 150 до 2250 част./см² мин, что превышает допустимые уровни, регламентированные согласно принятым нормативам. При удалении от центра пятен на расстоянии 1.5–2 м значения МЭД и

ППБЧ резко снижались и на уровне зоны обитания человека достигали нормативных значений.

2. В 2010 г. средняя концентрация ^{90}Sr в организмах прудовой ночницы, двухцветного кожана и северного кожана составляла соответственно 201 ± 74 ; 103 ± 82 и 42 ± 11 kBq/kg сырой массы, тогда как у аналогичных видов животных из контрольной группы значения этого показателя на порядки величин ниже: 0.05 ± 0.02 ; 0.19 ± 0.08 и 0.10 (одна особь) kBq/kg соответственно. Содержание ^{137}Cs в организме указанных видов мышей составляло соответственно 6.6 ± 3.3 ; 1.3 ± 0.7 и 5.9 ± 3.0 kBq/kg сырой массы, тогда как на контрольных территориях его содержание находилось на грани чувствительности метода.

3. Взрослые (ad) и ювенильные (juv) особи прудовой ночницы и двухцветного кожана статистически значимо не различаются по степени накопления исследуемых радионуклидов.

4. В 2011 г. средние концентрации радионуклидов у прудовых ночниц на территории лагеря “Звездочка” составляли: ^{90}Sr 407 ± 69 , ^{137}Cs 27 ± 7 (беременные самки), 229 ± 163 , 20 ± 12 (яловые самки), а у беременных самок двухцветных кожанов 44 ± 25 и 8 ± 6 kBq/kg сырой массы соответственно.

5. Уровни концентраций ^{90}Sr и ^{137}Cs , у животных из выборок 2010 и 2011 гг. достоверно не различаются.

6. Все исследованные животные накапливают достоверно больше ^{90}Sr , чем ^{137}Cs . Последнее можно объяснить, с одной стороны, более высокими уровнями содержания ^{90}Sr в природной среде зоны воздействия ПО “Маяк” (почвах, воде промышленных водоемов-накопителей) относительно ^{137}Cs , а с другой – видовыми особенностями животных.

7. Значительная часть особей из колоний животных на оз. Акакуль по содержанию ^{90}Sr и ^{137}Cs в тканях достигала уровня радиоактивных отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасов О.В., Покаржевский А.Д., Мартюшов В.З. Перенос радионуклидов летучими мышами // Биомониторинг радиоактивных загрязнений. М.: Наука, 1998. С. 347–353.
2. Смагин А.И., Тарасов О.В., Любашевский Н.М., Орлов О.Л. Роль рукокрылых в зоогенной миграции радионуклидов // Вопр. радиац. безопасности. 2000. № 3. С. 64–70.
3. Атлас геоэкологических карт на территории зоны наблюдения ФГУП “ПО “Маяк”. Озёрск, 2007. 106 с.
4. Орлов, О.В., Смагин А.И., Тарасов О.В. Исследование зоогенного выноса радионуклидов рукокрылыми // Вопр. радиац. безопасности. 2005. № 4. С. 71–75.

5. Смагин А.И., Антонова Т.А., Денисов А.Д. и др. Уровни радиоактивного загрязнения водоемов в зоне влияния ПО “МАЯК” // Вопр. радиац. безопасности. 2000. № 1. С. 24–30.
6. Большаков В.Н., Орлов О.Л., Снитко В.П. Летучие мыши Урала. Екатеринбург: Академкнига, 2005. 176 с.
7. Красная книга Российской Федерации. Животные. М.: Изд-во АСТ. Астрель, 2001. 864 с.
8. Кузякин А.П. Летучие мыши. М.: Сов. наука, 1950. 444 с.
9. Смагин А.И. Экология промышленных водоемов предприятия ядерно-топливного цикла на Южном Урале. Озёрск: Ред.-изд. центр ВРБ, 2007. 190 с.
10. Смагин А.И. Экология водоемов в зоне техногенной радионуклидной геохимической аномалии на Южном Урале. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2013. 205 с.
11. Smagin A.I., Dmitrieva O.L., Orlov O.L., Nevolina I.V. About radionuclide transfer on bats (Chiroptera) in Southern Urals // Интернет-журнал “Технологии техносферной безопасности” (<http://ipb.mos.ru/ttb>). Вып. № 1 (41) – февраль 2012. С. 1–6.
12. СанПиН 2.6.1.25.23.-09 “Нормы радиационной безопасности” (НРБ–99/209).
13. СанПиН 2.6.1 280-10 “Гигиенические требования к ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения”.
14. Федеральный закон Российской Федерации “Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации”, № 190 ФЗ от 11 июля 2011 г.
15. Постановлением Правительства Российской Федерации от 4 февраля 2015 года № 95 (Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 09.02.2015, № 0001201502090001).
16. Eisentraut M. Die deutschen Fledermause: eine biologische Studie. Leipzig: Verb. p. Schops. 1937.V. XIII. № 4. P. 1–184.

Accumulation of Radionuclides by Bats (*Chiroptera*) in the Urals

A. I. Smagin^{1,2,*}, M. J. Chebotina³, O. L. Orlov^{4,5}, V. P. Guseva³, O. M. Sidorkina⁶

¹South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, 456780 Russia
*e-mail: Smagin54@mail.ru

²South Ural Biophysics Institute, Ozersk, Chelyabinsk Region, Russia

³Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

⁴Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, Russia

⁵Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

⁶Ural Scientific Research Veterinary Institute of Russian Agricultural Academy, Yekaterinburg, Russia

The paper presents data about the levels of radioactive contamination in bats that live in residential buildings on the shore of the lake Akakul in the Chelyabinsk region. The shore of the lake is a recreational area for residents of the cities of Ozersk, Kyshtym, Chelyabinsk, and Ekaterinburg. The exposure dose rate (EDR) in the study area is 0.15–0.17 microsieverts/hour, the flux density of β -particles (FDBP) – 20 particles/(cm² per minute). These values are below the sanitary standards. EDR guano from the bats in the attics of the buildings was 10–12 microsieverts/hour and FDBP from 150 to 2250 part/(cm² per minute), which is higher than the permissible levels, according to the accepted norms. It is established that the animals from the summer brood colonies inhabiting the buildings on the shore of the lake Akakul, accumulate ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in the concentrations an order of magnitude higher than the corresponding figures for the animals living in the control areas in the Sverdlovsk region. So in 2010, the average specific activity of ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in the pond bat carcasses near the lake Akakul was 201 ± 74 and 6.6 ± 3.3 and in 2011–350 ± 58 and 21 ± 5 kBq/kg raw weight, respectively. The lack of significant differences in the levels of accumulation of radionuclides according to the age of the animals is shown. The levels of the radionuclide content in pregnant and barren female bats are established. In 2010, a significant portion of the animals regarding the content of ⁹⁰Sr (41%) and ¹³⁷Cs (18%) reached the level of radioactive waste, and in 2011 the values of the indicators were 75% for ⁹⁰Sr and 46% for ¹³⁷Cs. It is suggested about the source of intake of radionuclides in the body of animals living near the lake Akakul.