РАДИАЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ. РАДИОЭКОЛОГИЯ, 2012, том 52, № 6, с. 1–8

РАДИОЭКОЛОГИЯ

УДК 574::539.1.04:591.5:591.9

МИГРАЦИИ ГРЫЗУНОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА (РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)

© 2012 г. Е. Б. Григоркина*, Г. В. Оленев

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

Миграции фоновых видов грызунов в зоне влияния Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа) изучены методом массового мечения мелких млекопитающих тетрациклином (дополнительно к данным радионуклидного самомечения). В зоне ВУРСа своеобразие животного населения определяется конфигурацией радиационного биоценоза и особенностями миграций. Показана дисперсия грызунов как в зоне ВУРСа, так и за его пределами. При миграциях зверьки используют определенные пути перемещений. Сделано заключение, что в зоне ВУРСа, как и на любых других территориях, обитает население грызунов с меняющимся составом (проточное население), что является убедительным доказательством отсутствия изоляции. Миграции животных на узкой и протяженной территории ВУРСа существенно снижают возможность закрепления и передачи адаптивных изменений в чреде поколений и являются основой передачи радиоиндуцированных эффектов на сопредельные территории. Факт проточности населения грызунов следует учитывать в широком спектре исследований при анализе отдаленных последствий радиационного воздействия.

ВУРС, грызуны, тетрациклиновая метка, миграция, проточное население, конфигурация зоны загрязнения, мутационный груз.

До настоящего времени изучение адаптации популяций мелких грызунов, обитающих в зонах техногенного, в том числе радиоактивного, загрязнения базируется на представлении о замкнутости (обособленности) их населения.

Сложилась парадоксальная ситуация, когда некоторые исследователи для подтверждения подобного представления игнорируют миграционные процессы как важный параметр популяционной динамики. К примеру, работа [1] посвящена отрицанию миграций у мышевидных грызунов в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа). Сразу отметим, что мы [2–4], придерживаемся альтернативного взгляда, суть которого состоит в том, что утверждение о территориальной изоляции частично справедливо лишь для обширных территорий (рис. 1, *а*), подобных загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС [5] или аварии на ядерных блоках АЭС Фукусима-1 (Япония, 2011 г.) [6]. В ряде иных случаев подобные представления, как минимум, некорректны – необоснованно упрощая ситуацию, они одновременно приводят к огрублению результатов исследований. При этом не учитываются размеры и конфигурация зоны загрязнения, а также взаимосвязанный с ними меняющийся (за счет миграций/дисперсий) состав проживающего там населения мелких млекопитающих. Наиболее ярким примером такой территории является зона ВУРСа (результат Кыштымской радиационной аварии 1957 г. на Южном Урале) – узкая необычайно протяженная территория с резко падающим в поперечном сечении градиентом радиоактивного загрязнения (рис. 1, *б*). Из-за малого поперечного размера облака радиоактивные выпадения сконцентрировались вдоль оси его движения, где удельная плотность поверхностного загрязнения максимальна за счет малого рассеяния радионуклидов атмосферой на большое расстояние [7]. Поэтому в районе проводимых исследований ширина полигона с плотностью загрязнения ^{90}Sr, равной 1000 Ки/км^2, составляет всего 800 м, 500 Ки/км^2 – 1400 м, 250 Ки/км^2 – 1580 м, 50 Ки/км^2 – 1800 м. В этом плане, без преувеличения, зону ВУРСа можно считать уникальным планетарным образованием и столь же уникальным научным полигоном.

Среди фоновых видов грызунов зоны ВУРСа малые лесные мыши (*Sylvaemus uralensis*) и полевые мыши (*Apodemus agrarius*) отличаются высокой миграционной активностью, для них характерны сезонные миграции и лабильные типы пространственной структуры [8]. В природе миграции лесных и полевых мышей составляют от 800 м до 2.5 км [9, 10]. В условиях лабораторного вивария (в актографе) зверьки пробегают десятки километров в сутки. Подавляющее большинство зоологов [8–13], работавших с мелкими грызунами, прекрасно знают о непостоянстве их населе-

* Адресат для корреспонденции: 620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202, Институт экологии растений и животных УрО РАН; тел.: (343) 210-38-58 (244); факс: (343) 260-82-56; e-mail: grigorkina@ipae.uran.ru.

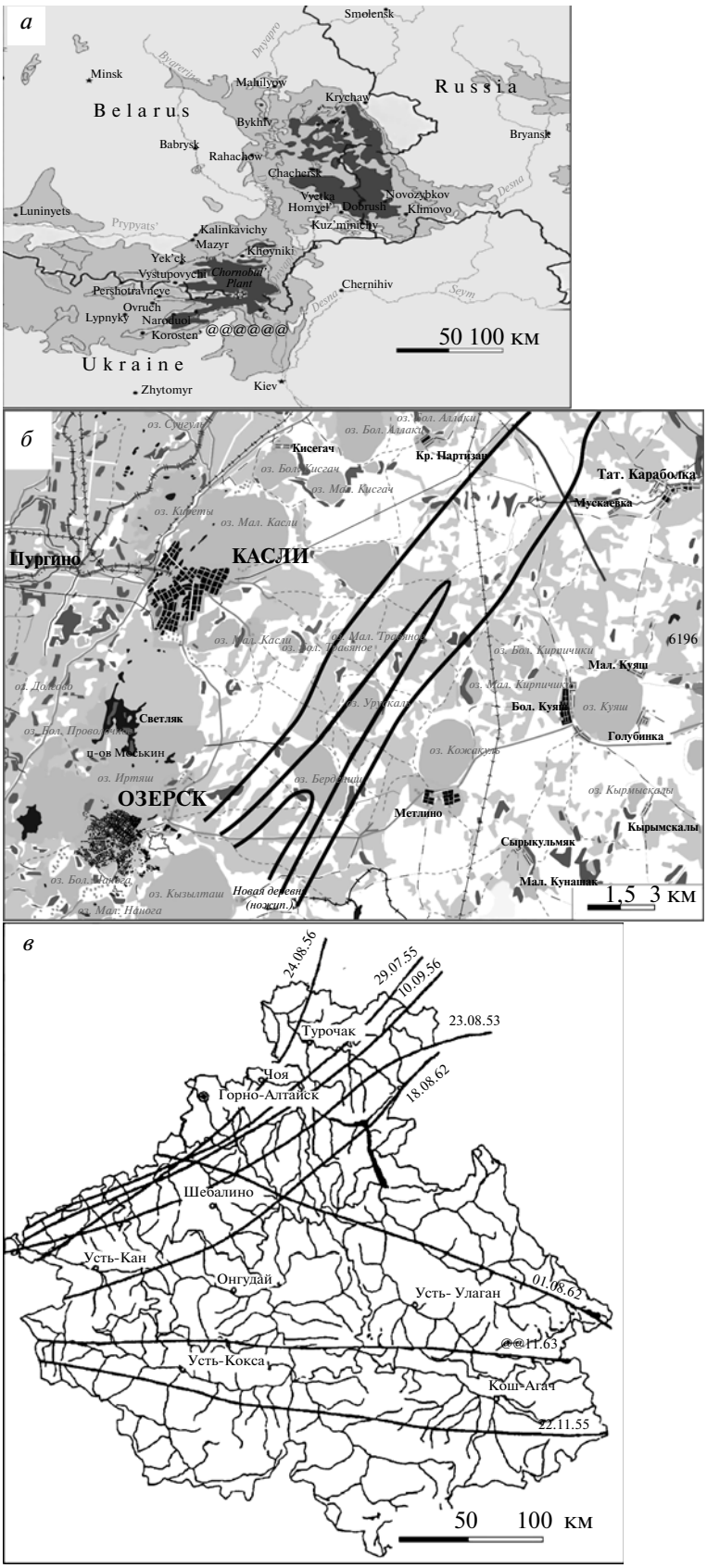

Рис. 1. Типы конфигураций радиоактивно загрязненных территорий:
а – Чернобыльская зона; *б* – Восточно-Уральский радиоактивный след;
с – траектории ядерных облаков над Северо-Западным Алтаем [26].

ния, связанном с подвижностью животных, что затрудняет работы с мечением. Количество повторных поимок, особенно в однородных биотопах, так стремительно падает, что мечение теряет смысл. Как правило, в течение короткого промежутка времени меченые животные с облавливаемой территории эмигрируют, а их место занимают иммигранты, причем этот процесс продолжается даже зимой, хотя и значительно слабее. На загрязненных территориях отсутствие постоянства состава обитающих здесь животных имеет принципиальное значение. Скорее всего, в связи с этим А.И. Ильенко с соавт. [14] пытались оценить дисперсии грызунов в зоне ВУРСа методами радиоактивного и индивидуального мечения, однако результаты оказались неоднозначными и противоречивыми. Других специальных исследований миграций животного населения не проводили, поэтому феноменология и динамика популяций на этом радиоактивном полигоне до сих пор не изучены как с фактологических, так и с теоретических позиций. Между тем, миграционный аспект остается актуальным при изучении вопросов радиоадаптации популяций грызунов вагильных видов в зоне локального радионуклидного загрязнения, а полученные объективные данные являются основой для пересмотра бытующих представлений. Отметим, что актуальность результатов определяется еще и тем, что расчеты дозовых нагрузок, учитывающих локальность конфигурации и гетерогенность загрязнения природных экосистем, а также неоднородность состава проживающего там населения, практически отсутствуют.

Основой для работы послужили материалы массового мечения животного населения метками различной природы. Нами использован тетрациклин – вещество, которое отсутствует в радиационном биоценозе, обеспечивает массовое неизбирательное маркирование и при отлове зверьков в любом из локалитетов однозначно позволяет идентифицировать особей с участка мечения. Антибиотики тетрациклинового ряда, попадая в организм, поступают в кальцифицированные ткани растущих участков скелета и длительно в них сохраняются [11]. Подчеркнем, что количество особей, меченых тетрациклином, существенно выше, чем самопометившихся ^{90}Sr – основным дозообразующим радионуклидом в зоне ВУРСа.

Цель работы – с помощью тетрациклиновой метки изучить миграции грызунов в зоне влияния ВУРСа, а также оценить значение дисперсий мелких млекопитающих для корректной интерпретации результатов биологических последствий в зоне локального техногенного загрязнения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Массовое мечение животного населения тетрациклином проводили в летне-осенние сезоны 2002–2005 гг. В этот период в популяции наличествуют все внутрипопуляционные группировки грызунов. Мечение осуществляли в строгом соответствии с рекомендациями [11]. Прикормку с тетрациклином (сушеные кусочки хлеба, равномерно пропитанные подсолнечным маслом, в котором размешан порошок антибиотика) раскладывали в 3 м друг от друга на площадках размером 30 × 300 м в разные годы на разных участках в однородном биотопе (заросли рудеральной растительности) (рис. 2). Один из них расположен в центральной части заповедника в окрестностях оз. Берендиш (рис. 2, мечение 1, отлов 1), находится в 13 км от эпицентра аварии, плотность загрязнения почвы ^{90}Sr составляет 6740–16690 кБк/м^2. Второй участок (рис. 2, мечение 2, отлов 2) – на периферии следа, удален от первого на расстояние 1 км в направлении фонового участка (74–370 кБк/м^2). Третий участок – в окрестностях оз. Урускуль (рис. 2, отлов 4) (2322 кБк/м^2), находится на расстоянии 6.5 км от участков мечения. Контрольные участки располагались в сходных биотопах за пределами радиационного заповедника в окрестностях оз. Кожакуль (7.4 кБк/м^2) на расстоянии 9.3 км от импактных (рис. 2, отлов 3). Более подробные радиоэкологическая и геоботаническая характеристики участков приведены нами ранее [2, 4].

Во все годы исследований прикормку с тетрациклином раскладывали повторно на одних и тех же площадках. Грызунов отлавливали ловушками “Геро” методом ловушко-линий в разные сроки (от 2 до 55 дней) на разном удалении от участка мечения. При определении оседлых особей и мигрантов руководствовались следующими соображениями. В разноудаленных от участка мечения локалитетах в зоне влияния ВУРСа (рис. 2, отлов 4) и на фоновом участке (рис. 2, отлов 3) все пойманные зверьки с тетрациклиновой меткой считались мигрантами. Оценка доли оседлых особей затруднительна, поскольку в эту группу могли войти животные, использующие площадку мечения постоянно, а также зверьки, забегающие на нее эпизодически, так как их индивидуальные участки находятся на периферии. Тем не менее, если грызуны попадались на площадке мечения через месяц после раскладывания приманки, их расценивали как оседлых. Всего исследовано 973 образца, из них 336 – с меткой. Тетрациклиновую метку определяли под бинокулярным микроскопом МБС-10 (увеличение 8×) по желтому свечению в ультрафиолетовом свете [15] в верхних резцах или их продольных шлифах, приготовленных по методике [11]. Использован люминесцентный осветитель ОСЛ-1 с фильтром.

Рис. 2. Схема участков мечения и отловов мелких млекопитающих в зоне ВУРСа (мечение 1, 2; отлов 1, 2, 4) и на сопредельной территории (отлов 3).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Прикормку с тетрациклином охотно поедали не только лесные (*S.* uralensis) и полевые (*A. agrarius*) мыши, а также красные полевки (*Cl. rutilus*), серые полевки – полевки-экономки (*M. oeconomus*), обыкновенные полевки (*M. arvalis*), узкочерепные полевки (*M. gregalis*), пашенные полевки (*M. agrestis*) и водяные полевки (*Arvicola terrestris*), т.е. грызуны разной пищевой и экологической специализации.

2002 г. – год высокой для данного региона среднегодовой численности грызунов (31 экз./100 л-с.). Приманку с тетрациклином раскладывали в конце июля на площадке мечение 1 (рис. 2). Через 2 дня 80% грызунов (лесные и полевые мыши, полевки-экономки) имели четкую хорошо различимую метку. Через 40–45 дней здесь же доля меченых составляла 45% (оседлые). Из них: 33% лесные мыши, 8% – полевые мыши, 42% – полевки-экономки, 17% – водяные полевки. В 1 км от участка мечения (рис. 2. отлов 2) попалось 11 животных тех же видов, все с меткой. На фоновом участке (рис. 2. отлов 3) доля мигрантов соответствовала 10% (*S. uralensis, A. agrarius, Cl. rutilus*). В конце августа на этой же площадке приманка была разложена повторно. Результаты отлова в октябре (через 50 дней) показали сходную долю (46%) оседлых животных. В структуре меченых 28% – *S. uralensis*, 43% – *M. oeconomus*, 14% – *A. terrestris*, по 5% – *A. agrarius, M. arvalis, Cl. rutilus*. На участке отлов 2 (рис. 2) попались только полевые мыши, 80% которых имели метку. За пределами заповедника (рис. 2 отлов 3) доля мигрантов была 20% (*S. uralensis, A. agrarius*).

2003 г. – численность грызунов сохранялась на уровне 2002 г. В июне был помечен тот же участок мечение 1 (рис. 2). В начале августа (через 45–50 дней) доля оседлых была 33% (66% – *M. oeconomus*, 34% – *S. uralensis*). В контроле (рис. 2, отлов 3) отловлено 13% мигрантов (зимовавшие самцы *A. uralensis*). Повторно на этой площадке приманка разложена в августе. Через 50–55 дней здесь 44% зверьков имели метку, причем половина (50%) пришлась на долю *M. oeconomus*, 33% – *S. uralensis*, 11% – *A. agrarius*, 6% – *A. terrestris*. На участке отлов 2 (рис. 2) доля меченых особей достигла 80% (половина из них – лесные мыши, 25% – полевые мыши, остальная часть – полевки-экономки и пашенные полевки). Отметим, что в оба года исследований полевки-экономки и водяные полевки, отловленные на участках отлов 1 и отлов 2, несмотря на свою немногочисленность, были помечены в 100% случаев. Число мигрантов в контроле составило 23% (лесные и полевые мыши, красные полевки).

2004 г. – год низкой численности грызунов (17 экз./100 л-с.). Приманку раскладывали в июле на периферии ВУРСа (рис. 2, мечение 2). Через 3 дня на центральном участке (расстояние 1 км) (рис. 2, отлов 1) практически у половины грызунов была обнаружена метка в зубах. В структуре меченых основную часть (71%) составляли *S. uralensis*, 24% – *M. oeconomus* и 5% – *Cl. rutilus*. В березовом лесу, находящемся через дорогу на расстоянии 800 м от площадки с приманкой, были

обнаружены меченые красные и обыкновенные полевки. По результатам отлова в окрестностях оз. Урускуль (рис. 2, отлов 4) выявлено 16% особей с меткой (*S. uralensis* и *Cl. rutilus*). Через 30–35 дней было поймано 17% меченых зверьков (лесные и полевые мыши), переместившихся в центральную часть (рис. 2, отлов 1). В контроле (рис. 2, отлов 3) мигрантов не обнаружено. Повторно на участке мечение 2 (рис. 2) приманка разложена в августе. В октябре (через 50–55 дней) доля меченых в центре (рис. 2, отлов 1) составляла 35% (*S. uralensis* – 61%, *A. agrarius*– 38%, *M. oeconomus* – 3%). Во время осеннего расселения на контрольном участке (рис. 2. отлов 3) появились мигранты (5%) (*S. uralensis*).

2005 г. – год высокой численности грызунов (55.4 экз./100 л-с.), которая была обусловлена высоким обилием не только лесных мышей, но и полевых мышей. Мечение животного населения, как и в 2004 г., проводили в июле на периферии ВУРСа (рис. 2, мечение 2). Через месяц на центральной площадке (рис. 2, отлов 1) среди 138 особей 53% имели тетрациклиновую метку (из них *S. uralensis* – 45%, *A. agrarius* – 49%, *M. gregalis* – 3%, *Cl. rutilus* и *M. oeconomus* – по 1.5%). Заметим, что оживленная автомагистраль, расположенная южнее, не стала препятствием для грызунов. Меченые зверьки (красные полевки, лесные и полевые мыши) были отловлены за дорогой, преодолев расстояние 800 м от площадки мечения. На фоновом участке (рис. 2, отлов 3) зарегистрировано 9% мигрантов (*S. uralensis* и *A. agrarius*). В августе здесь же (рис. 2, мечение 2) повторно разложена приманка с тетрациклином. В сентябре (через 25 дней) на участке мечения отловлено 110 особей, причем 50% – с меткой (полевые мыши – 69%, лесные мыши – 25%, остальные 6% составили красные полевки, обыкновенные полевки и полевки-экономки). Отметим, что с меткой оказалась значительная часть молодых животных (масса тела 9–12 г), которые недавно вышли из гнезда и перешли на самостоятельное питание. Этим был обусловлен сезонный пик численности грызунов. На центральной площадке (рис. 2, отлов 1) 59% зверьков оказалось с меткой (лесные, полевые мыши и узкочерепные полевки). На расстоянии 5.5 км от участка мечения (рис. 2, отлов 4) изъято 66 животных, из них 10% – мигранты (лесные, полевые мыши и красные полевки). Примерно такая же доля мигрантов оказалась в сборах с фонового участка (рис. 2, отлов 3) (*S. uralensis, A. agrarius, Cl. rutilus*). Дополнительный материал (59 особей) получен при обработке грызунов, доставленных в виварий для лабораторных исследований, где доля мигрантов на фоновом участке составила 31% (лесные, полевые мыши, красные полевки).

По собственным радиометрическим данным число мигрантов из зоны ВУРСа на сопредельные участки в разные годы и сезоны отловов варьировало от 17 до 40% [16]. О существенной дисперсии *S. uralensis* на фоновые участки можно судить из работы [17], согласно которой концентрация ^{90}Sr в костной ткани контрольных зверьков достигала до 100 Бк/г. Между тем, фоновые значения удельной активности ^{90}Sr в скелете контрольных животных незначительны, не превышают 0.5 Бк/г [4].

ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из полученных данных, можно заключить, что подавляющее большинство мелких грызунов на участках, где раскладывали прикормку с тетрациклином, было помечено. Примечательно, что серые и водяные полевки, будучи зеленоядами, также активно поедали приманку, что позволило отследить их активные перемещения по территории радиационного биоценоза. На участках мечения доля оседлых особей в разные годы варьировала от 30 до 60%. Среди лесных и полевых мышей резиденты в среднем составляли по 30%. Со временем (30–55 дней) на участке мечения число зверьков с меткой закономерно уменьшалось, в то время как возрастала их доля на разном удалении. Уже на третий-четвертый день после мечения зверьков отлавливали на удалении 2 км, даже автомагистраль не была препятствием для их перемещений. Такую картину наблюдали во все годы исследований, варьировала лишь доля животных с меткой. На большом статистическом материале, полученном в течение 4 лет мечения, убедительно показано, что в радиационном биоценозе, также как и на других территориях, существуют активные перемещения животных.

Доля мигрантов с ВУРСа на фоновый участок (9 км от площадки мечения) в разные годы и сезоны варьировала от 5 до 30%. Отметим, что в случае наличия обширных однородных сплошных биотопов (в зоне ВУРСа таковые отсутствуют, наблюдается мозаичность) (рис. 2) процент поимок меченых животных был бы существенно ниже за счет равновероятных разнонаправленных перемещений. В нашем же случае в процессе миграций зверьки используют вполне определенные, зачастую вынужденные, пути перемещений. Достигнув преграды – озера (рис. 2), животные вынуждены передвигаться вдоль берега, что учитывалось нами при выборе мест отловов. При подобных миграциях плотность животных значительно возрастает, что делает отловы более информативными. В литературе [18] имеются сведения, подтверждающие существование определенных путей миграций животных. Это относится и к мышевидным грызунам [10, 19]. Несмотря на то, что мыши и полевки хорошо плавают (собственные наблюдения за мечеными грызунами в Ильменском заповеднике, Южный

Урал), водные преграды являются естественными изолирующими барьерами, эффективно препятствующими перемещениям животных и соответственно генным потокам. Об этом свидетельствуют результаты современных генетических исследований с использованием микросателлитных локусов [20], полученные, к примеру, в популяциях желтогорлой мыши (*Apodemus flavicollis*). Отловы, проведенные в березовом лесу (монотонный биотоп), находящемся в западном направлении от площадок мечения (рис. 2), также показали наличие лесных мышей с меткой. Однако данный биотоп не пригоден для постоянного обитания грызунов из-за низкой кормообеспеченности и плохих защитных условий. Интенсивность миграций в этом направлении снижена, поэтому зверьков здесь всегда мало.

Некоторые итоги. В течение 4 лет мечения животного населения тетрациклином:

1) независимо от локализации участка мечения, перемещения животных были регулярными, меченых особей разных видов регистрировали на всех участках отлова;

2) миграции на ближние расстояния совершали грызуны разной экологической специализации. Так, на расстоянии 1 км от участка мечения, кроме *S. uralensis, A.agrarius, Cl. rutilus*, зарегистрированы полевки рода *Microtus* (*M. arvalis, M. gregalis, M. agrestis, M. oeconomus*), а также водяные полевки, местообитания которых приурочены к околоводным биотопам;

3) основную часть мигрантов все-таки составляли лесные и полевые мыши, которые регистрировались на весьма значительном удалении от участков мечения, в том числе за пределами радиационного заповедника;

4) на узкой и протяженной территории ВУРСа за короткое время мыши могут преодолевать значительные пространства, вполне сопоставимые с поперечными размерами загрязненной зоны, что приводит к формированию проточного населения, т.е. населения с меняющимся составом [2–4].

Следствия миграций в зоне ВУРСа. Известно, что миграции обеспечивают животным возможность выбора оптимальных условий существования в тот или иной момент времени. Миграции способствуют сохранению целостности вида и распространению по ареалу наиболее ценных в селективном отношении мутаций [18]. С участием этого механизма регулируется численность особей в популяции и происходит заселение новых мест обитания, следовательно, миграции тесно связаны с отбором. Нельзя недооценивать также роль миграций в микроэволюционных преобразованиях у грызунов, даже временно побывавших в зоне радиоактивного загрязнения. Вследствие этого на сопредельных территориях, куда за счет перемещений животных переносятся радиационные эффекты (генетический груз), можно ожидать увеличения генетического разнообразия, индуцированного мутациями de novo. К примеру, нами [21] на основе анализа микросателлитной ДНК показан более высокий показатель генетического разнообразия, числа уникальных аллелей и аллельного разнообразия в выборке красных полевок с сопредельного с ВУРСом фонового участка (рис. 2, отлов 3) по сравнению с этими параметрами в зоне ВУРСа (рис. 2 отлов 1) и в географически удаленном (расстояние 220 км) контроле. Это значит, что прилегающие к Восточно-Уральскому заповеднику (*собственно следу*) территории (*зона влияния ВУРСа*) представляют собой уникальный полигон для оценки роли повышенной частоты мутаций в процессах эволюции природных популяций. Отсюда следует, что вокруг зоны загрязнения (природа поллютантов может быть различной, главное, что они вызывают биологические эффекты), создается зона влияния с особым населением, несущим в себе последствия контакта с загрязнителем – своеобразное продолжение зоны на уровне биологических эффектов. Так, работа [22] иллюстрирует биологические эффекты в системе гемопоэза у грызунов в градиенте химического загрязнения среды. Наглядным примером зоогенного выноса радионуклидов из зоны ВУРСа можно считать рукокрылых (летучие мыши), которые создают значительные локальные загрязнения в местах их ночевок на фоновой территории [23]. Сюда же относятся хищные птицы, питающиеся грызунами в зоне ВУРСа и создающие локальные пятна в местах своих постоянных гнезд на фоновой территории. Конечно, инициируемые ими эффекты несопоставимы с теми, что регистрируются в зоне ВУРСа, но они все же имеют место. Из изложенного ясно, что исследователю, работающему в зоне ВУРСа и/или другого техногенного загрязнения подобной конфигурации, необходимо помнить, что собранный материал будет заведомо неоднороден, в выборке будут присутствовать как чистые, так и контактировавшие с поллютантами особи.

О типах конфигураций. Каждая зона техногенного загрязнения специфична не только по спектру поллютантов, но по конфигурации и размерам. Мелкие млекопитающие, обитающие *на гигантской площади Чернобыльского загрязнения* (рис. 1, *а*), несмотря на миграции, подвергаются действию ионизирующей радиации в чреде многих поколений. Этого времени достаточно не только для формирования разного рода биологических эффектов, но и для их закрепления в геноме [24]. Однако @*на границах Чернобыльской зоны* происходят процессы, аналогичные таковым в зоне ВУРСа. Собственно *зона* ВУР*Са* (рис. 1, *б*) – другой тип конфигурации – узкая протяженная

территория (аналоги неизвестны). Биологические эффекты выражены [2–4], но подвержены постоянному “размыванию” за счет проточности населения. Еще более сложная ситуация ожидает исследователей при оценке биологических эффектов у мелких млекопитающих, населяющих зоны многочисленных *следов от ядерных облаков* (рис. 1, *с*), например, на Алтае.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В популяциях цикломорфных млекопитающих, к которым относятся мыши и полевки, где бы они ни существовали, в течение годового цикла происходит полное обновление населения путем естественной смены поколений независимо от местообитания – это видовая закономерность. Одновременно с этим в любой точке местообитания происходит регулярная смена населения за счет миграций. Полное обновление – лишь вопрос времени, для мелких млекопитающих достаточно нескольких поколений. Миграции обусловлены сложным комплексом составляющих, которые имеют наследственную природу и рассматриваются как элемент стратегии оптимальной приспособленности вида к сезонным изменениям окружающей среды [25]. По уровню миграционной активности и перемешивания населения мышевидных грызунов зона ВУРСа, как и другие техногенные территории подобной конфигурации, принципиально ничем не отличается от фоновых. Полученные результаты свидетельствуют о высокой дисперсии грызунов, наличии активных перемещений животных, как в зоне загрязнения, так и на участки, расположенные за пределами радиационного заповедника. В зоне ВУРСа проживает население грызунов с меняющимся составом за счет иммигрантов с сопредельных территорий и эмигрантов из зоны загрязнения, что является убедительным доказательством отсутствия какой-либо изоляции. Явление проточности имеет здесь принципиальное значение, так как миграции существенно снижают возможность передачи и закрепления адаптивных наработок в чреде поколений у грызунов вагильных видов [3]. В результате высокой подвижности происходит изменение генетического состава популяции за счет разбавления генофонда генным потоком, приносимым особями с чистых территорий в зону загрязнения и, напротив, диссеминация мутационного груза из зоны ВУРСа. Факт проточности населения грызунов следует учитывать в широком спектре исследований при интерпретации многочисленных и неоднозначных биологических эффектов, наблюдаемых в популяциях животных из зоны ВУРСа, а также при расчете дозовых нагрузок.

В течение года у мышевидных грызунов проходит два поколения. За более чем 50-летний период после аварии 1957 г. прошло более 100 поколений, а учитывая возможность наличия трех поколений в год [13], эта цифра определенно больше. Остается открытым, но требующим изучения вопрос о том, за сколько поколений в зоне ВУРСа происходит полная смена населения. Очевидно, это зависит от многих факторов, основными из которых являются вагильность вида, размеры и конфигурация загрязненной территории.

Благодарим студентов УрГУ за участие в мечении животного населения.

Работа частично поддержана программой ОФИ-1 № 11-4-01-ЯЦ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Любашевский Н.М., Стариченко В.И.* // Радиац. биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50. №. 4. С. 405–413.
2. *Григоркина Е.Б., Пашнина И.А.* // Радиац. биология. Радиоэкология. 2007. Т. 47. № 3. С. 371–378.
3. *Grigorkina E.B., Olenev G.V.* // Radioprotection. 2009. V. 44. № 5. P. 129–134.
4. *Ялковская Л.Э., Григоркина Е.Б.* Тарасов О.В. // Радиац. биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50. № 4. С. 466–471.
5. *Алексахин Р.М., Санжарова Н.И., Фесенко С.В.* // Атомная энергия. 2006. Т. 100. Вып. 4. С. 267–276.
6. *Moller A.P., Hagiwara A., Matsui S. et al.* // Environ. Pollut. 2012. V. 164. P. 36–39.
7. *Уткин В.И., Чеботина М.Я., Евстигнеев А.В. и др.* Особенности радиационной обстановки на Урале. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 150 с.
8. *Флинт В.Е.* Пространственная структура популяций мелких млекопитающих.. М.: Наука, 1977. 183 с.
9. *Большаков В.Н., Баженов А.В.* Радионуклидные методы мечения в популяционной экологии млекопитающих. М.: Наука, 1988. 157 с.
10. *Щипанов Н.А.* // Зоол. журн. 2002. Т. 81. № 9. С. 1048–1077.
11. *Клевезаль Г.А., Мина М.В.* // Зоол. журн. 1980. Т. 59. Вып. 6. С. 937–941.
12. *Лукьянов О.А.* Феноменология и анализ миграций в популяциях мелких млекопитающих: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН, 1997.
13. *Оленев Г.В.* Функционально-онтогенетический подход в изучении популяций цикломорфных млекопитающих: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН, 2004.
14. *Ильенко А.И., Крапивко Т.П., Мажейките Р.Б. и др.* // Проблемы и задачи радиоэкологии животных. М.: Наука, 1980. С. 97–120.
15. *Milch R.A., Rall D.P., Tobie J.E.* // J. Bone and Joitn Surg. 1958. V. 40. № 4. P. 897–910.
16. *Григоркина Е.Б., Оленев Г.В., Тарасов О.В.* // Териофауна России и сопредельных территорий. Матер. междунар. совещ. М.: КМК, 2011. С. 125.

17. *Городилова Ю.В.* Эколого-морфологический анализ изменчивости малой лесной мыши и симпатрических видов грызунов на Урале: Автореф дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН, 2011.
18. *Кайданов Л.З.* Генетика популяций М.: Высш. школа, 1996. 320 с.
19. *Щипанов Н.А., Шилова С.А., Смирин Ю.М.* // Успехи соврем. биологии. 1997. Т. 117. Вып. 5. С. 624–639.
20. *Gortat T., Griczynska-Siemiatkowska A., Rutkowski R. et al.* // Acta Theriol. 2010. V. 55. № 2. P. 109–121.
21. *Rakitin S.B., Grigorkina E.B.* // 12th Rodent et Spatium. Abstr. Zonguldak, Turkiye, 2010. P. 29.
22. *Тарахтий Э.А., Мухачева С.В.* // Успехи соврем. биологии. 2011. Т. 131. № 6. С. 613–621
23. *Орлов О.Л., Смагин А.И., Тарасов О.В.* // Вопр. радиац. безопасности. 2005. № 4. С. 12–20.
24. *Ryabokon N.I., Goncharova R.I.* // Radiat. Environ. Biophys. 2006. V. 45. P. 167–177.
25. *Alerstam A., Hedenstrom A., Akesson S.* // Oikos. 2003. V. 103. P. 247–260.
26. *Рудский В.В.* Природопользование в горных странах. Новосибирск, 2000. 280 с.

Поступила в редакцию
21.03.2012

Migration of Rodents in the Eastern Urals Radioactive Trace Zone (Radiobiological Aspect)

© 2012 г. E. B. Grigorkina, G. V. Olenev

Institute of Plant and Animal Ecology, the Urals Division of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, 620144 Russia; e-mail: grigorkina@ipae.uran.ru

We investigated migrations of mouse-like rodents in the Eastern Urals Radioactive Trace (EURT) zone using the method of small mammal group marking by tetracycline (additionally to the data of radionuclide self-marking). The originality of small mammals' population in the EURT zone is defined by a configuration of radioactively polluted area and features of animals' migrations. The tetracycline label is detected in the dentine of upper incisors fluorescing in UV light. A high migration activity of rodents is observed both in the EURT zone and adjacent areas. When migrating, rodents used the certain ways of moving. Our new data allowed us to conclude that the EURT zone, as well as any other areas, is inhabited by a population with a constantly changing set of individuals, i.e. a flowing population. It is the convincing evidence of the absence of any isolation. Migrations of small mammals in the narrow and extended EURT zone (1) considerably decrease the probability that certain adaptive changes may be fixed and inherited in a series of generations; (2) are the base of transmission of radio-induced effects in adjacent areas. The fact of a flowing population should be taken into account in a wide spectrum of investigations when analyzing the remote consequences of chronic radiation influence.