

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАССОВЫХ ВИДОВ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ АВАРИЙНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ

© 2014 В.Е. Колодезников

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Якутск

Поступила 21.05.2014

В данной статье приводятся данные радиоэкологических исследований компонентов природной среды в местах аварий при проведении подземных ядерных взрывов в Северо-Западной Якутии. Были исследованы и проведен спектральный анализ почв, растительности и органов мелких млекопитающих района исследования.

Ключевые слова: радиация, экосистемы, радиоэкологические исследования, аварийные подземные ядерные взрывы, трансформированные территории

Район исследования относится к территории Западной Якутии, которая расположена между западной административной границей республики и Верхоянским хребтом; с севера на юг она простирается почти на 1500 км от побережья моря Лаптевых до параллели 60° с.ш. [1]. По лесорастительному районированию И.П. Щербакова [2] значительная часть района исследований входит в состав крупного Западного Вилюйского среднетаежного округа. Лесной покров характеризуется преобладанием лиственничных лесов, преимущественно брусничных и багульниковых. На водоразделах распространены мелкодолинные луга, ерники, ивняки [3].

В Западной Якутии в связи с развитием алмазодобывающей промышленности и проведенных 12 подземных ядерных взрывов, 2 из которых признаны аварийными, произошли изменения структуры и функционирования природных экосистем [4, 5].

ПЯВ (подземный ядерный взрыв) «Кратон-3» проведен 24 августа 1978 г., в бассейне верхнего течения р. Мархи (левый приток р. Вилюй), в 60 км. южнее п. Айхал. При этом случился аварийный радиоактивный выброс мощностью 500 р/ч на расстоянии 3 км. Местность взрыва подверглась внешнему облучению в среднем – 10 рентген. ПЯВ «Кристалл» был осуществлен 2 октября 1974 г. вблизи алмазоносной трубки «Удачная», в 2,5 км к северу от п. Удачный [5]. По данным Министерства охраны природы (РС) Я и Атомнадзора, территории аварийных ядерных взрывов по содержанию долгоживущих радионуклидов соответствуют федеральным параметрам зон чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия.

Учитывая уязвимость северных экосистем к антропогенным воздействиям, длительный процесс самовосстановления, изучение природных комплексов, современного состояния популяций животных, реакции их на трансформацию при-

родных местообитаний в настоящее время весьма актуально.

Материал был собран на территории Мирнинского района в окрестностях ПЯВ «Кратон-3» в августе 2004 г.. В том числе в окрестностях ПЯВ «Кратон-3» исследовано 5 биотопов, отработано 2525 д/с и 44 к/с. Отловлено 143 особи мелких млекопитающих из двух семейств: Cricetidae (Cl. rufocanus, Cl. rutilus, M. middendorffi, M. schisticolor), Soricidae (S. caecutiens, S. roboratus, S. tundrensis). Отлавливали по стандартной методике [6, 7] давилками «Геро», и с помощью конусов. В районе сборов были выделены контрольная и трансформированная зоны. Контрольная зона охватывает левый берег р. Марха, под трансформированной зоной подразумевается «мертвый лес» и его периферия ПЯВ «Кратон-3».

На определение содержания искусственного цезия (Cs-137) в окружающей среде были взяты пробы почв, растений, желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) и тушки мелких млекопитающих. Гамма-спектральный анализ проводился в лаборатории радиационной экологии СВФУ им. М.К. Аммосова. Для определения перехода радионуклидов в организме и накопления радионуклидов в растениях были рассчитаны Коэффициент перехода (КП) и Коэффициент накопления (КН):

$$КН = \frac{\text{(растения) Бк/кг}}{\text{(почвы) Бк/кг}} \quad КП = \frac{\text{(мышечная ткань) Бк/кг}}{\text{(содержание в ЖКТ) БК/кг}}$$

На месте отлова животные подвергались комплексному биологическому анализу: определялся вид, пол, возраст, анализировались содержимое желудков, физиологическое репродуктивное состояние.

Отловленные зверьки на трансформированных аварийей ПЯВ «Кратон-3» территориях и с ненарушенных природных биотопов исследовались на содержание в мышечной ткани удельной активности радионуклидов Cs-137 и K-40. Работа проводится в лаборатории радиационной экологии на кафедре ядерной физики ФТИ. Определение Cs-137 проводилось сурьмяно-йодидным методом. Радиометрические измерения препаратов производились на полупроводниковом гамма-спектрометре фирмы Canberra-Packard

Колодезников Василий Егорович, кандидат биологических наук, доцент, vek_2002@mail.ru

(USA) с полупроводниковым детектором из особо чистого германия с тонким бериллиевым окном. Спектр имеет следующие характеристики: диапазон регистрации энергии от 3 кэВ до 3 МэВ; энергетическое разрешение 1,5 кэВ по линии 122 кэВ Co-57 и 2,2 кэВ по линии 1332 кэВ (Co-60). Для калибровки спектрометра использовались обратимые меры активности, произведенные и аттестованные в НПО «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева». Исследования проведены по методике выполнения изменений на гамма-спектрометре МИ 2143 - 91.

Фауна мелких млекопитающих в Северо-Западной Якутии по нашим и литературным данным представлена 22 видами животных из отряда Rodentia и Insectivora [8, 9, 10]. В бассейне верхнего течения р. Марха в Северо-Западной Якутии наиболее распространены

ными видами являются красная полевка, полевка Миддендорфа и бурая бурозубка. По нашим данным фоновым видом в районе исследований является красная полевка. В отлогах были немногочисленными красно-серая полевка, лесной лемминг, тундрная бурозубка (рис.).

В Северо-Западной Якутии основные местообитания массовых видов мелких млекопитающих приурочены к характерным биотопам. Красная полевка предпочитает заселять захламленные лиственничники. Здесь ее численность достигает 7,54 экз. на 100 д/с. Полевка Миддендорфа заселяет лиственничники с произрастанием пушиц и злаковой растительности, состоящей из мятликов с относительной численностью 0,6 экз. на 100 к/с.

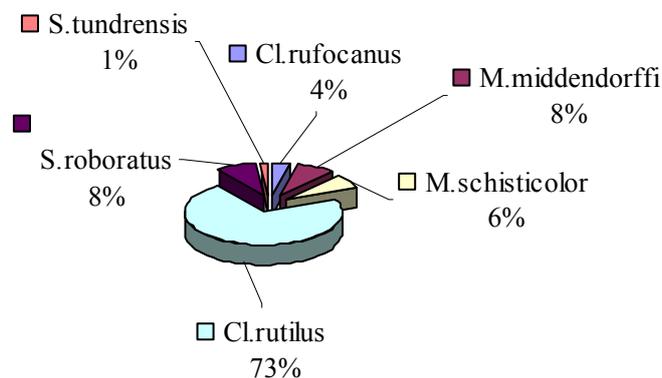


Рис. Видовой состав мелких млекопитающих в бассейне верхнего течения р. Марха (Северо-Западная Якутия) в августе 2004 г.

В «мертвом лесу» ПЯВ «Кратон-3» численность мелких млекопитающих нарастает по мере увеличения проективного покрытия почв. При покрытии от 40 до 50% относительная численность красной полевки составляла 1,3 экз. на 100 д/с, а с увеличением до 80% – 6,7 экз. на 100 д/с. Причем на трансформированной территории отмечены преимущественно прибылые особи.

На территориях с повышенным уровнем остаточной радиации мелкие млекопитающие представлены малочисленными прибылыми особями. Они заселяют участки, где произрастает травянистая растительность и проективное покрытие почв мхами и лишайниками достигает 50% (табл. 1). У 27% добытых на периферии «мертвого леса» беременных самок красной полевки (n=22) наблюдалась резорбция эмбрионов (limit 1-3).

Таблица 1. Изменения численности красной полевки в зоне ПЯВ «Кратон-3»

Место	Проективное покрытие почвы, %	Мощность экспозиционной дозы, мкР/ч	Экз. на 100 д/с / кол-во д/с
Могильник (эпицентр)	0-20	51,0	0
«Мертвый лес» 500 м от эпицентра	30-50	23,6	1,3/75
Периферия «Мертвого леса» 800 м от эпицентра	50	15,1	4,0/150
Периферия «Мертвого леса» 1300 м от эпицентра	70-90	12,4	6,7/75
Фоновая зона	80-100	8-12	7,1/600

В зоне воздействия аварийных ПЯВ спектр питания мелких млекопитающих беден. Установлено, что в трансформированной зоне ПЯВ и алмазных трубок из рациона мелких млекопитающих выпадают отсутствующие здесь грибы, яго-

ды голубики и брусники. Основу питания здесь составляют травянистые растения, мхи и лишайники. В сильно трансформированных местообитаниях массовые виды представлены преимущественно прибылыми особями. Установлено, что в

трансформированных техногенным воздействием местообитаниях среди половозрелых сеголеток в 2-2,7 раз больше самцов, активно расселяющихся по доступным стадиям. Соотношение полов среди зверьков младшей возрастной группы близко к 1:1. В трансформированных местообитаниях доля самок-сеголеток красной полевки, участвующих в размножении выше, чем в фоновой зоне. В популяциях техногенных местообитаний наблюдается интенсификация воспроизводства, выражающаяся в увеличении числа участвующих в размножении зверьков.

Гамма-спектральным анализом в почвенных пробах выявлено высокое содержание Cs-137, K-40. Удельная активность Cs-137 высока в верхних слоях почвы до глубины 20-40 см. Наивысшего значения показатель достигает в поверхностном слое до 4-5 см глубины непосредственной близости от эпицентра ПЯВ «Кратон-3» он показывает значение 83638,5 (2951,9) Бк/кг, и на глубине 60 см остается довольно высоким – 406,8±13,5 Бк/кг. Активность K-40 в поверхностных слоях, довольно высокая – 1087,5 (258,1) Бк/кг в верхнем 5 см слое и 931,7 (53,1) Бк/кг на глубине 20 см (табл. 3).

Таблица 3. Удельная активность радионуклидов в пробах почв в районах исследования (Бк/кг)

Глубина (см)	ПЯВ Кратон-3		Фоновая Зона	
	Cs-137	K-40	Cs-137	K-40
0-4	83638,5 (2951,9)*	1087,5 (258,1)	98,3 (4,7)	195,3 (25,2)
4-8	75447,0 (2632,4)	597,2 (67,2)	14,8 (1,5)	518,9 (45,3)
8-12	9596,7 (338,2)	815,6 (78,9)	0,34 (0,15)	906,9 (64,4)
12-16	691,0 (25,6)	1023,4 (71,0)	0,29 (0,16)	827,7 (58,2)
16-20	864,1 (31,4)	908,6 (61,8)	-	893,0 (63,4)
20-24	934,1 (29,3)	931,7 (53,1)	-	908,7 (0,7)

* - статистическая ошибка

Таблица 2. Удельная активность радионуклидов в компонентах природной среды в окрестностях аварийных ядерных взрывов «Кратон-3» и «Кристалл» (в Бк/кг)

Компоненты природной среды	«Кратон-3»	«Кристалл»	Фоновая зона
	Cs-137	Cs-137	Cs-137
Почвы (глубина 0-5 см)	8442,9 ± 387,9	1520,6 ± 22,9	98,3 ± 25,2
<i>Aulacomnium acuminatum</i>	5908,1 ± 258,3	1171,3 ± 48,9	4,8 ± 0,6
<i>Cladina arbuscula</i>	7300,8 ± 353,5	2539,3 ± 109,8	11,0 ± 0,6
Травянистая растительность	20,6 ± 3,3	-	2,7 ± 0,9
КН мох/почва	0,7	0,8	0,3
КН лишайник/почва	0,8	1,7	0,7
КН травянистая растительность/почва	0,002	-	0,03
ЖКТ <i>Clethrionomys rutilus</i>	89,7	-	1,1
<i>Clethrionomys rutilus</i>	52,9 ± 2,4	6,5 ± 1,8	0,8 ± 0,3
КП мышечная ткань/ЖКТ	0,6	-	0,7

В зоне воздействий ПЯВ отмечен высокий уровень удельной активности Cs-137. В почвах на периферии объекта «Кратон-3» сумма удельной активности Cs-137 на глубине 0-5 см составляла 8442,9 Бк/кг, в фоновой зоне – 98,3 Бк/кг (табл. 2).

Анализ некоторых видов корма мелких млекопитающих показал, что в лишайнике *Cl. arbuscula* УА Cs-137 на периферии «Мертвого леса» «Кратон-3» в 2,8 раза выше (7300,8±359,5 Бк/кг), чем на объекте ПЯВ «Кристалл» (2539±109,8 Бк/кг) и в 663 раза выше, чем в фоновой зоне (11,0±0,6 Бк/кг). В *A. acuminatum* УА радиоцезия на «Кратон-3» в 5 раз больше (5908,1±258,3 Бк/кг) показателя на «Кристалле» (1171,3±48,9 Бк/кг) и в 1231 раз больше УА в фоновой зоне (4,8±0,6 Бк/кг). По сравнению с многолетними лишайни-

ками и мхами, в травянистых растениях, живущих 1 вегетативный период, УА по цезию в импактной зоне ПЯВ оказалась значительно ниже – 20,6±3,3 Бк/кг.

КН Cs-137 во мхах в контрольной точке (0,3) ниже в 2 раза по сравнению с зараженной зоной: в окрестности ПЯВ «Кристалл» КН равен 0,7, в окрестностях ПЯВ «Кратон-3» – 0,6. Накопление в лишайниках происходит сходным образом: в фоновой (КН=0,7), в импактной зонах (0,8-1,7). В мышечной ткани мелких млекопитающих, обитающих на периферии и в зоне «мертвого леса» содержание Cs-137 в 8-66 раз превышает УА в выборке из контрольной зоны: «Кристалл» – 6,5±1,8, «Кратон-3» – 52,9±2,4, фоновая зона – 0,8±0,3 Бк/кг. УА радиоцезия в желудочно-

кишечном тракте выше в импактной зоне почти в 90 раз, чем в фоновой.

У красных полевков коэффициент перехода Cs-137 из желудочно-кишечного тракта в мышечную ткань сравнительно одинаковый и в импактной и в фоновой зонах, соответственно 0,6 и 0,7.

ВЫВОДЫ

1. Фауна мелких млекопитающих исследуемого региона по нашим и литературным данным состоит из 22 видов. К массовым видам относятся красная полевка, полевка Миддендорфа и бурая бурозубка. Доминирующим видом лесопокрывной части региона является красная полевка, в луговых и околоводных местообитаниях – полевка-экономка. Здесь находится южная точка распространения полевки Миддендорфа в Якутии.

2. Массовые виды мелких млекопитающих характеризуются широким спектром поедаемых кормов, что способствует их широкому распространению. В питании зверьков преобладают те корма, которые в данный период имеются в изобилии. У мелких млекопитающих четко прослеживаются изменения рациона в летне-осенние месяцы. Основу питания их в фоновой зоне в июле составляют травянистые растения и разные виды мхов, в конце августа-сентябре – ягоды, грибы и увеличивается доля лишайников.

3. Сообщества млекопитающих трансформированных территорий отличаются от фоновых бедностью видового состава и невысокой относительной численностью видов. При образовании в зоне техногенеза луговых и околоводных ландшафтов с травянистым покровом, увеличивается численность полевки-экономки, которая становится здесь доминирующим, а нередко и единственным видом.

4. Рацион мелких млекопитающих в трансформированных деятельностью алмазодобывающей промышленности и воздействием ПЯВ местообитаниях сокращается за счет выпадения нередко отсутствующих здесь ягод голубики, грибов, уменьшения доли травянистой растительности. Основу рациона в этих биоценозах составляют разные виды мхов и лишайников.

5. Трансформированные алмазодобывающей промышленностью и прилегающие к зоне ПЯВ местообитания мелкие млекопитающие населяют с небольшой плотностью и преимущественно прибылые особи. Вследствие разрушения защитных условий, бедности растительного покрова и отсутствия многих составляющих рациона мелких млекопитающих, эти биотопы способны населять экологически пластичные виды с широким спектром питания, способные использовать имеющиеся в наличие корма. Невысокая плотность населения обуславливает интенсификацию размножения.

6. Искусственные радионуклиды попадают в организм мелких млекопитающих по схеме «почвы – растения – животные» из объектов питания.

7. Коэффициент накопления Cs-137 в растениях, входящих в рацион мелких млекопитающих и содержание радионуклида в желудочно-кишечном тракте, мышечной ткани красной полевки в импактной зоне ПЯВ выше, чем в фоновой. Коэффициент перехода Cs-137 из желудочно-кишечного тракта в мышечную ткань полевков в импактной зоне равен 0,6, в фоновой зоне – 0,7.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология СССР. М: Недра, 1970. Т. 18. Ч. 1., кн. 1. Западная часть Якутской АССР. 530 с.
2. Щербаков И.П. Лесной покров Северо-востока СССР. Новосибирск: Наука, 1975. 344 с.
3. Лукичева А.Н. Растительность Северо-Запада Якутии и ее связь с геологическим строением местности. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1963. 168 с.
4. Экология реки Вилюй: материалы по оценке экологического состояния. Якутск, 1997. 140 с.
5. Мирные ядерные взрывы. М.: ИздАТ, 2002. 518 с.
6. Новиков Г.А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных. М.: Советская наука, 1953. 502 с.
7. Кучерук В.В. Новое в методике количественного учета вредных грызунов и землероек // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М., 1963. С. 159-183.
8. Млекопитающие Якутии / Тавровский В.А., Егоров О.В., Кривошеев В.Г. и др. М.: Наука, 1971. 660 с.
9. Мордосов И.И. Млекопитающие таежной части Западной Якутии. Якутск, ЯНЦ СО РАН, 1997. 220 с.
10. Колодезников В.Е. Мелкие млекопитающие Северо-Западной Якутии: Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Якутск, 2005. 153 с.

RADIOECOLOGICAL STUDIES OF MASS SPECIES OF MAMMALS IN THE IMPACT ZONE OF EMERGENCY UNDERGROUND NUCLEAR EXPLOSIONS IN WESTERN YAKUTIA

© 2014 V.E. Kolodeznikov

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk

This article presents the data of radio-ecological research components of the natural environment in the places of accidents at carrying out of underground nuclear explosions in the North-Western Yakutia. Were studied and carried out the spectral analysis of soil, vegetation and organs of small mammals of the study area.

Key words: radiation, ecosystems, radioecological studies, emergency underground nuclear explosions, transformed territory