

## 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):

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

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

Отловленные зверьки на трансформированных аварией 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

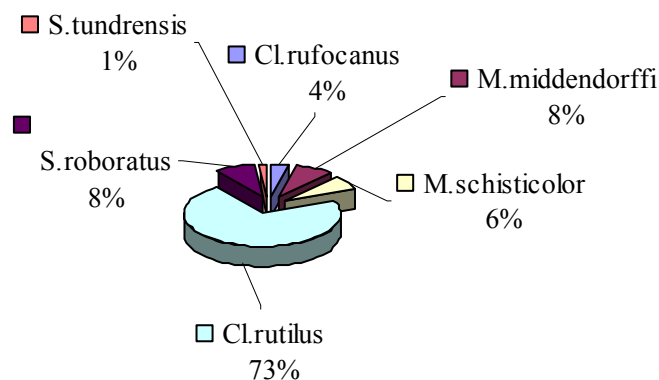
Колодезников Василий Егорович, кандидат биологических наук, доцент, vek\_2002@mail.ru

(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 распространен-

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, тундряная 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 лесопокрытой 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