

УДК 614.76 : 546.799

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ С ВЫБРОСОМ ГРУНТА НА СЕВЕРЕ ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ

Часть 2. Радионуклиды в биосфере*

А.А. ЛУРЬЕ

(Кафедра радиологии)

Во 2-й части данной публикации приведены сведения о содержании техногенных радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co и ^{241}Am в шляпочных грибах, дикорастущих ягодах, животных образцах, а также в большом количестве растительных образцов, включая лишайники, мхи, папоротники, хвощи, плауны, цветковые травянистые и кустарниковые растения из различных семейств, хвойные и лиственные древесные породы. Рассматриваются некоторые особенности процессов включения радионуклидов в биообъекты очага загрязнения, сделана оценка их интенсивности и динамики изменения во времени.

На месте радиационной аномалии, образовавшейся после проведения в 1971 г. группового ядерного взрыва с выбросом грунта, в почвах и грунтах обнаружено значительное количество осколочных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr , нуклида активационного происхождения ^{60}Co и

трансуранового ^{241}Am [3]. Для суждения о включении этих радионуклидов в элементы флоры и фауны в очаге загрязнения (как непосредственно на объекте, так и на сопредельных территориях) было отобрано и проанализировано также большое число биологических проб.

* Часть 1. Радионуклидное загрязнение местности (почва, вода, донные отложения) - см. ж. «Известия ТСХА», вып. 4, 2002 год.

Результаты определения удельной активности каждого из нуклидов, а также суммарной гамма-активности в биопробах приведены в таблице.

В силу ограничений по массе образцов, которые можно было вывезти из экспедиции, и из-за отсутствия какой-либо информации о ранее выполнявшихся ра-

Т а б л и ц а
Результаты анализа образцов животного и растительного происхождения.

Номер образца	Объект	γ-Фон на месте, мкР/ч	Удельная активность, Бк/кг				Σγ, СРМ/г
			²⁴¹ Am	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	
Образцы животного происхождения							
A1	Лось (<i>Alces alces</i>), лопатка		14	190	*	*	4.2
A2	То же, шерсть		*	25	42	*	4.4
E1	Яйцо кряквы обыкновенной (<i>Anas platyrhynchos</i>), скорлупа		46	1346	**	**	37.6
E2	Яйцо чайки озерной (<i>Larus ridibundus</i>), скорлупа		25	730	**	**	15.5
E3	Гнездо зяблика (<i>Fringilla coelebs</i>)		44	350	**	**	11.3
X31m	Лось (<i>Alces alces</i>), экскременты	18-20	8	99	5	*	3.7
X37m	То же	20-25	14	118	*	*	3.5
X52	«	60	14	316	26	*	10.5
X1m	«	80	15	62	95	6	8.1
X25m	«	150-195	6	878	29	114	33.5
X28m	«	175	13	941	33	69	32.7
X51m	«	250-275	5	584	55	53	23.3
X54m	«	550	5	658	**	38	22.2
X45/1b	Тетеревиные (<i>Lyrurus tetrrix</i> , <i>Tetrao urogallus</i>), экскременты	25	5	260	20	12	10.3
X45/2b	То же	25	7	*	79	**	7.3
X45/3b	«	25	4	116	66	**	7.5
X45/4b	«	25	5	156	3	*	5.7
X29b	«	108	9	138	43	**	7.2
X26b	«	125	*	676	53	129	32.9
X25b/3	«	150-195	*	808	59	85	32.3
X50b	«	175	3	134	21	*	6.2
X51b	«	250-275	*	95	3	*	4.7

Номер образца	Объект	γ-Фон на месте, мкР/ч	Удельная активность, Бк/кг				Σγ, СРМ/г
			²⁴¹ Am	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	
F11	Голавль (<i>Leuciscus cephalus</i>) из р.Березовой, мышечная ткань		*	11	40	*	3.6
	То же, голова		*	24	4	*	1.0
F12	Плотва (<i>Rutilus rutilus</i>) из р. Лысьва, мышечная ткань		*	13	16	*	1.6
	То же, голова		*	22	3	*	0.8
F13	Язь (<i>Leuciscus idus</i>) из р. Лысьва, мышечная ткань		*	8	8	*	1.0
	То же, голова		*	14	4	*	0.9
F14	Язь (<i>Leuciscus idus</i>) из р.Лысьва, мышечная ткань		*	*	15	*	1.5
	То же, голова		*	14	1	*	0.7
Образцы грибов							
Подосиновики (<i>Leccinum aurantiacum</i>)							
F70	шляпки и ножки	4-5	*	315	17	**	11.2
F71	шляпки	4-5	*	72	51	**	9.3
	ножки		*	262	63	**	12.9
F7	шляпки	18-20	*	260	13	**	12.6
	ножки		*	343	13	**	14.2
F13	шляпки	До 390	*	230	104	**	17.7
	ножки		*	290	86	**	17.3
F14a	шляпки	До 390	*	435	64	**	18.7
	ножки		*	455	12	**	13.0
F15	шляпки	До 390	*	197	113	**	16.6
F28a	шляпки	До 390	*	80	213	*	17.2
	ножки		*	148	170	*	15.7
Подберезовики, или обабки (<i>Leccinum scabrum</i>)							
F14r	шляпки и ножки	До 390	22	272	66	*	17.7
F28r	шляпки	До 390	*	125	5	*	8.1
	ножки		*	160	*	*	6.6
F53	Козляк (<i>Suillus bovinus</i>)		*	310	0	*	13.1
F36	Гриб-трутовик, верх	40	*	309	35	*	11.9
	То же, средняя часть		*	70	111	*	8.5
	То же, нижняя часть		*	93	35	*	4.8

Номер образца	Объект	γ-Фон на месте, мкР/ч	Удельная активность, Бк/кг				Σγ, СЕМ/г
			²⁴¹ Am	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	

Растительные образцы

Лишайники:

P77	<i>Dermatocarpon minima-tum</i>	5	74	43	61	2	8.0
P71	<i>Cetraria islandica</i>	5	26	71	17	*	4.1
P74	<i>Cladonia sp.</i>	5	22	25	113	*	7.4
P75	<i>Cladonia sp.</i>	5	27	183	**	*	2.2
P10/1	<i>Cladonia furcata</i>	7	9	70	46	*	6.3
P10/2	<i>Peltigera aphthosa</i>	7	*	245	*	**	6.9
P24/5	<i>Cladonia sp.</i>	10	22?	169	22	**	5.4
P37/5	<i>Cladonia sp.</i>	20-25	53	**	107	48	12.5
P45/4	<i>Cladonia sp.</i>	25?	24	155	12	**	5.9
P20/2	<i>Cladonia sp.</i>	30-32	16	228	198	46	15.7
P20/3	<i>Cladonia furcata</i>	30-32	10	141	41	*	7.5
P20/4	<i>Cladonia crispata</i>	30-32	*	-	182	-	12.0
P4	<i>C.tenuis, C.sylvatica</i>	80	19	161	25	*	7.5
P23/2	<i>Cladonia sp.</i>	90-100	56	*	117	13	9.8
P23/3	<i>Cladonia sp.</i>	90-100	**	-	-	*	1.4
P78	<i>Peltigera canina</i>	?	125	105	225?	*	19.1
P2/1	<i>Cladonia tenuis</i>	140	162	4	930	132	65.3
P2/2	<i>Stereocaulon sp.</i>	140	81	235	397	61	30.5
P25/4	<i>Cladonia sp.</i>	150-195	17	506	200	**	19.4
P25/5	<i>Cladonia sp.</i>	150-195	50	158	136	31	15.5
P50/4	<i>Cladonia sp.</i>	175	19	216	39	*	9.0
P30/4	<i>Cladonia tenuis</i>	250	33	3	174	163?	31.4
P30/3	<i>Cladonia coccifera</i>	250	37	115	88	53	15.8
P30/3-s	- субстрат		191	1365	740	421	73.2

Мхи:

P68	<i>Polytrichum sp.</i>	5	6	78	35	*	4.7
P69	<i>Polytrichum sp.</i>	5	56	51	85	45	7.0
P10/3	<i>Polytrichum juniperinum</i>	7	27	395	*	**	9.3
P37/4	<i>Helodium blandowii</i>	20-25	40	461	68	**	18.5
P45/3	<i>Helodium sp.</i>	25?	33	389	18	**	15.4
P23/1	<i>Polytrichum sp.</i>	90-100	137	297	226	97	28.8
P48/3	<i>Helodium blandowii</i>	120	73	1039	221	136	52.6
P50/3	<i>Polytrichum sp.</i>	175	86	833	356	132	51.2
P42/1	<i>Polytrichum sp.</i>	550	261	1729	634	584	114.9
P42/1-s	- субстрат		703	2286	2506	1730	226.5

Номер образца	Объект	γ-Фон на месте, мкР/ч	Удельная активность, Бк/кг				Σγ, СРМ/г
			²⁴¹ Am	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	
P39	<i>Polytrichum sp.</i>	675?	130	1133	337	159	56.2
P39-s	- субстрат		950	1364	1872	1756	204.5
Папоротники, хвощи, плауны:							
P37/3	Папоротник (<i>Dryopteris linnæana</i>)	20-25	**	903	54	**	28.8
P47	То же	88	357	1378	1832	366	152.7
P49	То же	110-140	29	794	241	8	42.0
Хвощи (<i>Equisetum</i>):							
P67	Хвощ (<i>E. sp.</i>)	5	20	570	**	**	15.6
P31	Х. лесной (<i>E. sylvaticum</i>)	18-20	*	366	**	**	12.5
P20/1	Х. полевой (<i>E. arvense</i>)	30-32	**	474	110	**	24.8
P38/7	Хвощ (<i>E. sp.</i>)	0-250	7	932	0	322	49.5
P30/1	Х. луговой (<i>E. pratense</i>)	250	**	2023	242	36	77.6
P54/1	Х. полевой (<i>E. arvense</i>)	550?	**	537	41	**	18.2
Плауны (<i>Lycopodium</i>):							
P70	<i>L. annotinum</i>	5	7	217	**	**	3.8
P52	<i>L. clavatum</i>	15	*	195	4	**	5.7
P15	<i>L. complanatum</i>	5	*	325	25	**	11.6
P33/1	<i>L. annotinum</i>	50	*	674	56	49	24.3
P34	<i>L. anceps</i>	240	**	701	90	31	30.1
Водные растения:							
P22	Рогоз широколистный (<i>Typha latifolia</i>)	10-12	*	667	110	**	27.1
P3	То же	162	*	428	115	**	18.6
P38/3	То же	50	2	506	13	**	18.7
P41	Осока вздутая (<i>Carex vesicaria</i>), стебель	625	2	366	46	**	15.4
	То же, корни		*	531	79	40	19.8
P19/1	Рдест пронзеннолистный (<i>Potamogeton perfoliatus</i>)	7-15	*	1574	**	139	44.7
P17	То же	75?	-	1679	-	232?	59.3
P40/2	То же	75-90	*	951	39	20	36.9
P44/1	Ситняг болотный (<i>Eleocharis palustris</i>)	~50	*	2062	-	**	29.4
P19/2	Водоросли нитчатые (<i>Cladophora sp.</i>)	7-15	26	376	18	**	11.9
P38/9	То же	50-250	61	298	381	**	48.1

Номер образца	Объект	γ-Фон на месте, мкР/ч	Удельная активность, Бк/кг				Σγ, СРМ/г
			²⁴¹ Am	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	
Брусничные (и другие ягодные):							
P65	Брусника (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>)	5	5	85	8	**	4.5
P45/1	То же	25	8	125	39	**	7.1
P45/1r	То же, корни		0	-	151	189	26.8
P48/2	Брусника	115-125	9	413	*	106	8.6
P49/2	То же	110-140	*	1021	31	60	33.4
P50/2	То же	175	25	853	71	141	37.4
P48/1	Черника (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	115	*	625	26	51	23.0
P49/3	То же	110-140	*	197	16	*	15.0
P50/1	То же	175	32	519	91	23	20.3
P24/1	Клюква болотная (<i>Vaccinium oxycoccus</i>)	10	*	73	*	15	9.0
P33/2	То же	150-162	17	68	113	188	30.7
P50/5	То же	175	296?	2583	292?	917?	129.2
P32	Голубика (<i>Vaccinium uliginosum</i>)	58	5	177	8	*	6.6
Яг	Морошка (<i>Rubus chamaemorus</i>)	4	*	39	42	*	3.0
P73	Шикша (водяника) (<i>Empetrum nigrum</i>)	5	*	128	*	*	3.8
Орхидные:							
P21	Ятрышник (<i>Orchis sp.</i>)	22-30	*	460	43	**	19.1
P16	То же	30-36	*	344	162	**	23.0
P18	То же	125	*	619	82	**	28.7
P14/1	Любка двулистная (<i>Platanthera bifolia</i>)	28	*	218	16	*	13.4
P27	То же	150-175	36	434	177	49	27.2
P27-s	То же, субстрат		294	894	1140	504	93.5
P43	Кокушник длиннорогий (<i>Gymnadenia conopsea</i>)	88	*	315	78	**	18.6
Другие травянистые:							
P62	Крапива двудомная (<i>Urtica dioica</i>)	5	*	433	*	**	9.6

Номер образца	Объект	γ-Фон на месте, мкР/ч	Удельная активность, Бк/кг				Σ, СРМ/г
			²⁴¹ Am	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	
P66	Овсяница (<i>Festuca sp.</i>)	5	**	323	*	**	9.1
P24/2	Вейник (<i>Calamagrostis sp.</i>)	10	*	270	*	**	7.2
P24/2-s	- субстрат		10	570	154	67	18.9
P24/3	Ситник нитевидный (<i>Juncus filiformis</i>)	10	8	544	*	**	13.1
P24/4	Ситник блестящий (<i>Juncus lamprocarpus</i>)	10	*	209	79	24	13.1
P45/2	Майник двулистный (<i>Majanthemum bifolium</i>)	25	71	626	19	**	26.9
P14/2	Грушанка однобокая (<i>Purola sp. (Romnishich?)</i>)	28-38	**	280	47	**	23.4
P20/5	Кошачьи лапки (<i>Antennaria dioica</i>)	30-32	19	257	49	*	12.5
P38/2	Вейник	50-250	**	474	43	**	16.8
P38/6	Крапива двудомн.	50-250	**	548	15	**	25.2
P38/8	Мать-и-мачеха (<i>Tussilago farfara</i>)	50-250	**	544	13	51	41.0
P38/1	Иван-чай (<i>Chamaenerion angustifolium</i>)	50-250	*	1062	*	*	26.2
P30/2	То же	250	**	1386	57	66	49.3
P54/2	То же	550?	9	430	9	**	12.4
P63	Вероника (<i>V. chamaedrys</i>)	?	**	600	219	**	13.8
Древесные хвойные							
P61	Кедр (<i>Pinus sibirica</i>)	5	3	49	8	**	2.3
P76	То же, шишка (пустая)	5	9	299	113	**	14.1
P35/1	Кедр - ветви, хвоя	200-250	7	196	7	**	6.4
P72	Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i>)	5	6	162	16	**	4.0
P6	То же	33-35	*	96	5	**	3.7
P5	Ель (<i>Picea abies</i>)	29	*	225	*	**	7.3
P46	Пихта (<i>Abies alba</i>)	33-35	5	313	20	**	9.0
Древесные лиственные							
P7	Береза (<i>Betula pubescens</i>) - береста	55	2	3	12	*	1.5
P8	- кора	55	*	180	11	29	8.1
P28/1	- ветви, листья	175	*	654	47	63	28.9

Продолжение табл.

Номер образца	Объект	γ-Фон на месте, мкР/ч	Удельная активность, Бк/кг				Σγ, СРМ/г
			²⁴¹ Am	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	
P64	Ива козья (<i>Salix caprea</i>)	5	8	99	*	*	6.3
P26	- листья и ветви	12	*	1206	52	110	46.3
P38/5-1	- листья	50-250	8	199	18	**	13.1
P38/5-b	- ветви	50-250	*	55	13	*	6.1
P25/3	- листья и ветви	150-195	4	888	12	92	33.8
P44/2	Ива карликовая (<i>Salix myrsinifolia</i>)	~50?	*	714	46	128	31.1
P35/2	Рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i>) - кора	162	*	412	14	14	13.1
P28/2	Осина (<i>Populus tremula</i>)	175	*	1073	29	59	38.8

Примечание: * - менее 5-10; ** менее 30-50 Бк/кг.

диологических исследованиях в очаге относительно содержания радионуклидов в биологических объектах, основной стратегией нашего исследования стал максимальный охват растительных и других доступных образцов. Особое внимание было уделено экскретам животных (лося, тетеревиных птиц — глухаря, тетерева, куропаток), т.к. обнаружение в них радиоактивных продуктов можно использовать в качестве некоторого интегрального показателя, характеризующего интенсивность вовлечения радионуклидов в трофические цепи. По тем же соображениям обращено внимание на кормовые растения лосей, косуль и дру-

гой дичи (листья и побеги черники, голубики и вороники или ветки березы, ольхи, осины). Еще большее значение в этом плане могут иметь шляпочные грибы, которые охотно поедаются животными. Известно, что в очагах радиоактивного загрязнения именно ко времени массового появления грибов обычно приурочено и существенное возрастание радиоактивности мяса промысловой и дичи [2].

Сбор и идентификация образцов растений осуществлены В.В. Ксенофонтовой. Анализы на радиоактивность в большинстве случаев выполнялись в озоленных или обугленных образцах. Температура озоления выдерживалась

в пределах 400-450°C. Содержание радионуклидов пересчитано на воздушно-сухую массу.

Результаты и их обсуждение

Рассмотрим полученные результаты по содержанию каждого из найденных радионуклидов в отдельности.

^{241}Am . Содержание этого abiогенного элемента в большинстве растительных образцов и в грибах, несмотря на заметные количества в почвах, оказалось незначительным. Некоторое превышение содержания (по сравнению с обычным) отмечено в лишайниках и папоротниках, а также в нитчатых водорослях в воде озера; наибольшее содержание обнаружено во мхах. В сопряженных пробах мха и почвенного субстрата из-под подушечек слоевища определены коэффициенты накопления ^{241}Am для мхов, оказавшиеся равными 0,14—0,37.

Практически следовое содержание ^{241}Am отмечено в птичьих экскретах, найденных на поверхности почвы на отвалах у озера (в том числе и в местах со значительным у-фоном), чуть больше — в экскретах лосей и в скорлупе яиц чаек и уток. Не найдено его в рыбе, выловленной в р. Березовой. Это и понятно: река хотя и проте-

кает поблизости от оз. Голубого, но непосредственно с ним не соединяется. В самом оз. Голубом нет достаточно крупной рыбы, которая бы представляла интерес для рыбаков.

^{60}Co . Содержание его в почвах намного выше, чем ^{241}Am . Довольно много ^{60}Co найдено во мхах, в то же время он практически отсутствует в грибах. Что касается других растений, то результаты анализов оказались весьма неоднородными. На первый взгляд, сравнительно хорошо усваивается ^{60}Co из почвы такими видами травянистых растений, как папоротники, брусника и клюква, а из древесных — ивой и осиной (но не хвойными).

^{137}Cs . Этот наиболее значимый для многих мест техногенного загрязнения нуклид на изучаемом объекте не стал главным компонентом загрязнения биоты. Причины этого могут лежать в особенностях минералогического состава почвы, низком содержании в почве органического вещества, и т.п. Сравнительно высоким накоплением ^{137}Cs , по данным из других радиационно-загрязненных мест, обычно отличаются грибы, однако на исследуемом объекте содержание его в грибах вряд ли можно признать особенно высоким (см. таблицу). Наи-

большим накоплением радиоцезия характеризуются в первую очередь мхи, далее следуют лишайники, некоторые из водорослей, отдельные виды влаголюбивых растений — папоротники, хвощи, рогоз, клюква, некоторые виды орхидных.

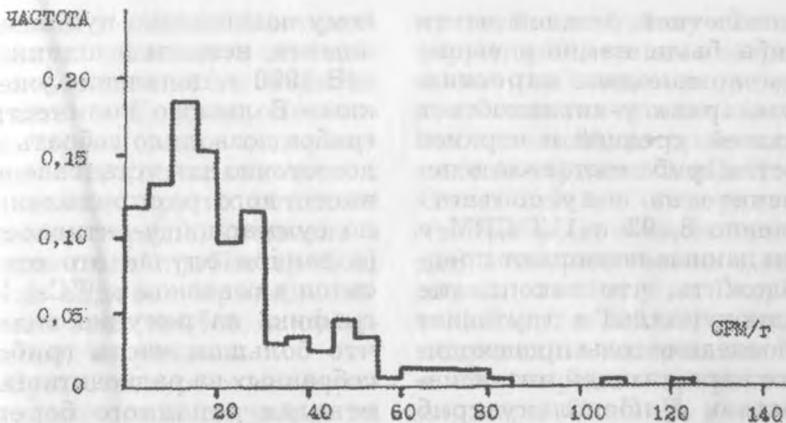
В рыбе, выловленной в соседних с оз. Голубым водоемах, найдено очень небольшое содержание ^{137}Cs , что примерно соответствует его среднему глобальному уровню. В то же время в экскретах животных и птиц, не обязательно постоянно здесь обитающих, но посещавших загрязненный участок, количество радионуклида явно превышает глобальный уровень.

^{90}Sr . Содержание ^{90}Sr в большинстве биопроб, как растительных, так и животных, оказалось заметно выше, чем ^{137}Cs (с оговоркой, что данные о количествах ^{90}Sr нельзя считать твердо установленными по причинам, отмеченным в методической части работы). Тем не менее во многих случаях полученные результаты выглядят вполне логично, например, в отношении высокого накопления ^{90}Sr в костях лося и в скорлупе яиц. Исследование экскретов животных свидетельствует о довольно значительном, в целом, потоке радиострон-

ция в трофических цепях травоядных животных. Заметное содержание ^{90}Sr отмечено в растениях, известных как кормовые для лосей и тетеревиных птиц, — в зеленых частях брусники и черники, ветках ивы и осины, в хвощах, иван-чае и ряде других растений.

Таким образом, заметного накопления радионуклидов в очаге по цепочкам почва — (растения, грибы) — животные практически нигде не обнаруживается. Это существенно отличается от картины, наблюдаемой в других местах радионуклидного загрязнения природной среды. На наш взгляд, наиболее вероятным объяснением специфичности данной ситуации являются особенности послевзрывной сукцессии на исследуемом участке: зарастание поверхности выброшенного при взрыве грунта и почвообразовательный процесс в прошедшие после взрыва годы проходили довольно медленно и малоинтенсивно.

Лишь мхи и напочвенные лишайники, хорошо известные как эффективные индикаторы радионуклидного загрязнения, заметно выделялись из другой растительности по накоплению радионуклидов, по-видимому, как вследствие отложения на поверхности слоевищ радиоактивного



Распределение грибов по суммарной удельной γ -активности (все-го опробовано 186 грибов — подосиновики и подберезовики).

материала, поднятого в воз- дух, так и за счет подпитки снизу из субстрата. Накопле- ние радионуклидов в плодо- вых телах грибов, как и ви- довая специфичность такого накопления, связаны с пре- имущественной локализацией сети гиф мицелия в наиболее загрязненных горизонтах поч- вы. Однако выявленные в других местах закономерности аккумуляции нуклидов в грибах в нашем случае, при крайней неоднородности вер- тикального распределения радионуклидов в отвалных грунтах, могут совсем не вы- полняться. Другие возмож- ные причины специфич- ности радиоэкологических проявлений в изучаемой зо- не могут состоять в невысо- кой сорбционной емкости слаборазвитого почвенного

поглощающего комплекса или в особенностях минера- логического состава почвооб- разующей породы.

Оценить ретроспективно изменение интенсивности биогеохимической миграции радионуклидов во времени мы попытались по данным определения активности в разных частях плодового тела одного довольно старо- го по возрасту гриба-труто- вика. Суммарная γ -актив- ность в верхней части гриба, нарощей, по-видимому, за последнее лето, оказалась заметно выше, чем в сред- ней и, особенно, в нижней, самой старой части гриба. Различия становятся еще более заметными, если пер- ресчитать величину актив- ности на зольную массу, т.к. плотность (и зольность)

многолетней нижней части гриба были намного выше, чем в молодых наростах. Суммарная γ -активность в нижней, средней и верхней частях гриба составила в пересчете на золу соответственно 8, 92 и 113 СРМ/г. Эти данные позволяют предположить, что накопление радионуклидов в трутовике в последние годы происходило с нарастающей интенсивностью, а поскольку гриб располагался на пенке почти у поверхности почвы, можно заключить, что такая динамика аккумуляционных процессов в отношении радионуклидов в какой-то мере характерна и в целом для этой части экосистемы, т.е. для нижнего яруса леса.

В отличие от данных, полученных для шляпочных съедобных грибов в ряде других радиоактивно-загрязненных местностей [2, 4, 7, 8], в исследуемом районе преобладающим в грибах радионуклидом оказался ^{90}Sr : в большинстве проб его найдено значительно больше, чем ^{137}Cs . Выяснить, в какой части съедобных трубчатых грибов, в шляпках или ножках, сосредоточена наибольшая активность, по полученным данным оказалось затруднительным — γ -активность в них была, примерно, одинаковой, хотя по ^{90}Sr все же просматривалась некоторая тенденция к более высо-

кому накоплению нуклида в ножках, нежели в шляпках.

В 1998 г. появление уже в июне большого количества грибов позволило собрать их достаточно для установления частотного распределения по суммарной γ -активности (в данном случае это относится в основном к ^{137}Cs). Из графика на рисунке видно, что большая часть грибов, собранных на радиоактивных отвалах западного берега, имела удельную активность не более 30 СРМ/г при максимальной встречаемости 10-14 СРМ/г. Радиоактивность заметно более высокая попадалась в грибах не часто — значения удельной активности от 60 до 120 СРМ/г замечены менее чем в 6% случаев.

Результаты настоящего исследования полезно сопоставить с опубликованными данными радиологического обследования на юге той же Пермской области, в районе, прилегающем к Осинскому нефтепромыслу [1]. Здесь в 1969 г. было проведено два подземных ядерных взрыва по проекту «Грифон» (с целью усиления нефтеотдачи). Выявленные уровни загрязнения сельскохозяйственной продукции ^{137}Cs и ^{90}Sr оказались к 1996-1997 гг. в целом очень небольшими, однако из-за малого числа проанализированных здесь проб дикой растительности прак-

тически нет возможности напрямую сравнивать остаточное загрязнение на объектах «Тайга» и «Грифон». Некоторое превышение содержания ^{137}Cs (по сравнению с уровнем в других объектах внешней среды) отмечено в единичных пробах грибов, хотя видовая принадлежность этих грибов, к сожалению, не указана.

Существенное отличие радиологической ситуации на объектах, подобных Осинскому, состоит в том, что здесь главными радиоактивными загрязнителями являются не осколочные элементы от ядерного взрыва (или из реактора), а естественные радионуклиды уран-радиевого семейства. Выход их на поверхность из пластовых вод по скважинам является типичным для нефтепромыслов [9]. Подтверждением этому, по-видимому, могут служить и приведенные в отчете очень высокие значения суммарной β -активности — она оказалась на 2-3 порядка больше той активности, которая могла бы быть обусловлена присутствием ^{90}Sr и ^{137}Cs .

Возвращаясь к ситуации с техногенным загрязнением радионуклидами — продуктами осколочного деления, можно заключить, что во всех случаях, как по данным Осинского обследования, так и по нашим данным из со-

предельных объекту «Тайга» территорий, степень загрязнения ими пищевых продуктов была значительно ниже тех значений, которые определены нормами СанПиН [6]. Стоит всё же оговориться, что грибы (и, возможно, ягоды) непосредственно с земляных отвалов у оз. Голубого (объект «Тайга») в пищу непригодны: содержание ^{90}Sr в них нередко превышало норматив СанПиН, установленный в 250 Бк/кг.

В общем ситуацию по радиационной опасности в исследуемом районе можно квалифицировать, в соответствии со статьями 58 и 59 федерального закона «Об охране окружающей природной среды» [9], или как «чрезвычайную», или как «экологическое бедствие». Если учитывать только мощность дозы над поверхностью почвы в очаге, ситуация определяется как «экологическое бедствие», т.к. на некоторых участках мощность дозы превышает установленную величину в 400 мкР/ч (максимальные значения, обнаруженные в очаге в 1998 г. - порядка 700 мкР/ч). Однако взвешенная оценка с учетом комплекса факторов (в первую очередь с учетом реальной опасности для человека) приводит к более умеренному заключению о «чрезвычайной экологической ситуации», которая определя-

ется в Законе, дословно, как «устойчивые отрицательные изменения в окружающей природной среде, угрожающие здоровью населения, состоянию естественных экологических систем, генетических фондов растений и животных». Для исследованного объекта существенным можно признать лишь заключение об устойчивых отрицательных изменениях состояния природной среды, выразившихся в значительном радионуклидном загрязнении почв и грунтов, но не приведших к заметным биологическим изменениям у растительных и животных организмов. Высокий радиационный фон в непосредственной близости от места взрывов, безусловно, делает невозможным ни проживание, ни ведение какой-либо хозяйственной деятельности в данном месте. Также невозможно пользование дарами природы (грибы, ягоды), заготовленными здесь. Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что данное загрязнение имеет весьма ограниченный, локальный характер. Опасный участок ограничен расстоянием примерно в 50-100 м от берега оз. Голубого в западном направлении и 200-300 м — в восточном. Непосредственной угрозы здоровью людей, проживающих в ближайших населенных пунктах или даже

посещающих очаг загрязнения на непродолжительное время, не имеется.

Заключение

Спустя 27 лет после осуществления подземного ядерного взрыва экскавационного типа, содержание в очаге загрязнения долгоживущих радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co и ^{241}Am в растениях, грибах и животных образцах свидетельствует о весьма ограниченных размерах включения их в биологический круговорот. Наибольшая активность отмечена во мхах, несколько меньшая — в лишайниках, папоротниках и хвощах, еще меньшая — у большинства других представителей травянистой и кустарничковой растительности и минимальная — в древесной растительности. Довольно умеренным оказалось и поступление радионуклидов по пищевым цепочкам в организм представителей местной фауны, о чем говорят как прямые определения радионуклидов в отдельных животных образцах, так и анализы экскретов животных. К особенностям данного объекта (в отличие, например, от очагов загрязнения типа черновобильского) следует отнести также сравнительно небольшое проявление аккумуляции радионуклидов в плодовых телах съедобных грибов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лебедева Т.М., Бражкин А.В., Попыванов Е.А.* Некоторые итоги радиационно-гигиенического контроля на территории применения промышленной ядерно-взрывной технологии в рамках реализации федерального закона «О радиационной безопасности населения». — АНРИ, 2000, №3, с. 15-21,—2. *Лурье А.А.* Вопросы прикладной радиоэкологии лесных экосистем в постчернобыльскую эпоху. М.: Изд-во МСХА, 2000. — 3. *Лурье А.А.* Радиоэкологическое исследование последствий подземных ядерных взрывов с выбросом грунта на севере Пермской области. 4.1. Радионуклидное загрязнение местности (почва, вода, донные отложения). — Изв. ТСХА, 2002, вып.4, с. 3. — 4. *Нифонтова М.Г., Алексащенко В.Н.* Содержание ^{90}Sr и $^{134,137}\text{Cs}$ в грибах, лишайниках и мхах из ближней зоны Чернобыльской АЭС. — Экология, 1992, № 3, с. 26-30. — 5. Об охране окружающей природной среды. Закон РСФСР № 2060-1 от 19.12.1991. —6. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.560-96. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. М.: ГССЭН РФ, 1997. — *Т.Тихомиров Ф.А., Щеглов А.И.* Последствия радиоактивного загрязнения лесов в зоне влияния аварии на ЧАЭС. - Радиационная биология. Радиоэкология, 1997, т. 37, вып. 4, с. 664-675.- 8. *Щеглов А.И., Тихомиров Ф.Л., Цветнова О.Б. и др.* Биогеохимия радионуклидов чернобыльского выброса в лесных экосистемах Европейской части СНГ. - Радиационная биология. Радиоэкология, 1996, т. 36, вып. 4, с. 469—478.— 9. *Хедвал Р., Эрландсон Б.* Концентрации радиоактивности в неядерных отраслях промышленности. — Булл. ЦОИАЭ, 1998, № 2, с. 26-30.

*Статья поступила
7 июня 2002 г.*

Благодарности

Инициаторами и активными участниками экспедиции стали краеведы г. Соликамска - **А.П. Суслов, В.В. Хмельницкая, В.Г. Башуров, Е.И. Смертин, С.С. Зданович**, а также **В.В. Ксенофонтова** из Москвы. Большое содействие экспедиции оказали **Ю.Е. Юдин, Т.С. Козюкова, Р.Я. Борднских** и ряд лиц из Чердыни, Ныроба, Чусовского; всем им мы выражаем глубокую благодарность.

Отдельное большое спасибо — настоятелю храма Иоанна Предтечи в г. Соликамске, протоиерею **отцу Виталию**.