

Сравнительная характеристика современного радиоактивного загрязнения территорий Западной Сибири, прилегающих к Семипалатинскому и Новоземельскому полигонам (на примере Алтая и Пур-Тазовского междуречья)

Б. Л. ЩЕРБОВ, В. Д. СТРАХОВЕНКО, И. Н. МАЛИКОВА,
Л. П. ОСИПОВА*, Ф. В. СУХОПУКОВ, А. С. СТЕПИН

*Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН,
630090 Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, За*

**Институт цитологии и генетики СО РАН,
630090 Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 2*

АННОТАЦИЯ

В Алтайском крае и Ямало-Ненецком автономном округе собраны коллекции компонентов биогеоценоза, служащих индикаторами радиоактивного загрязнения природы (целинные почвы, донные отложения замкнутых водоемов, мхи, лишайники и лесные подстилки). Кроме того, отобраны образцы основных продуктов питания коренного населения. Анализ ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr во всех пробах дает основание считать современное радиоактивное загрязнение природы Крайнего Севера более высоким, чем юга Западной Сибири. Обнаруженные высокие концентрации радионуклидов в оленине из северных районов свидетельствуют о том, что коренное население Ямало-Ненецкого округа не только получало значительную дозу облучения в период активных испытаний на Новоземельском полигоне, но и продолжает получать внутреннее облучение в результате употребления в пищу оленины.

На Алтае современный уровень искусственной радиоактивности не вызывает беспокойства: в растительных продуктах, выращиваемых на личных подворьях, в кормовых травах, баранине, мясе марала, говядине, кедровых орехах, ягодах (Степной и Горный Алтай) удельная активность ^{137}Cs установлена на пределе чувствительности анализа. Но, несомненно, в период активных испытаний на Семипалатинском ядерном полигоне население Алтая находилось под жестким влиянием радиоактивных выпадений. Об этом свидетельствуют исследования ОИГМ и ИЦГ СО РАН.

ВВЕДЕНИЕ

На территории бывшего СССР действовало два ядерных испытательных полигона. На Семипалатинском полигоне с 1949 по 1962 г. произведено 124 открытых взрыва, на Северном с 1955 по 1962 г. – 90 взрывов. Кроме того, на обоих полигонах и в других регионах до 1990 г. производились подземные взрывы, которые не всегда оканчивались благополучно. По суммарному энерговыделению с учетом подземных

испытаний на Семипалатинский полигон приходится около 5,5 на Новоземельский ~ 94 %. Усредненное значение энерговыделения от всех взрывов в СССР составляет (миллионов тонн тротилового эквивалента) 261,965 при общем количестве ядерных взрывов во всех средах 715; в США – 218,86 (1099) [1]. С приведенными значениями масштабов энерговыделения на Семипалатинском и Новоземельском полигонах находятся в некотором противоречии сведения о том, что концентрация долгожи-

вущих радионуклидов в воздухе и выпадениях Крайнего Севера в 2–3 раза ниже, чем в средних широтах Северного полушария [2, 3]. Так или иначе, но перенос радиоактивных облаков и выпадающие из них осадки не могли быть не зафиксированы в компонентах биогеоценоза.

Исследованные районы находятся в различных ландшафтно-климатических зонах. Расстояние центральной части Алтайского края от Семипалатинского полигона составляет около 500–550 км, центра Пур-Тазовского междуречья от Новоземельского полигона – в 2 раза больше.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 1993–1995 гг. в Алтайском крае и летом 1998 г. в бассейне нижнего течения рек Пур и Таз, впадающих в Обско-Тазовскую губу, отобраны образцы почв, лишайников, мхов, лесных подстилок и донных отложений. Все эти компоненты биогеоценоза являются надежными индикаторами радиоактивного загрязнения природы. Поскольку все исследования подобного типа в конечном счете направлены на человека, опробованы и основные продукты питания. Для населения Севера это, главным образом, оленина и рыба. В южных районах рацион человека гораздо разнообразнее. Для сравнения здесь выбраны говядина и баранина, как продукты более близкие по составу к оленине, а также овощные продукты.

Донные отложения опробованы с катамарана или зимой со льда цилиндрическим пробоотборником с лепестковым затвором, почвы – по генетическим горизонтам. Керн осадков, длиннорастущие мхи и лесные подстилки там, где они представлены достаточно мощными образованиями, разделены на отдельные интервалы по 1–3 см для выяснения динамики накопления или перераспределения радионуклидов.

Определение ^{137}Cs выполнено гамма-спектрометрическим методом на установках, собранных из больших сцинтилляционных кристаллов с колодцами, защитой из свинца и регистрирующей аппаратуры. На полупроводниковой установке с Ge-Li детектором выборочно проанализирован ^{134}Cs . Бэта-радиометрией с радиохимической подготовкой в некоторых образцах выполнен анализ ^{90}Sr . Определение ра-

дионуклидов проведено по опубликованным методическим разработкам [4], метрологические характеристики аналитических установок выведены по данным анализа стандартных образцов горных пород [5]. Все работы выполнены в Аналитическом центре ОИГГМ СО РАН. Результаты анализов приведены в расчете на воздушно-сухую массу вещества, в мясных продуктах – на естественное состояние.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА КОМПОНЕНТОВ БИОГЕОЦЕНОЗА

Почвы. Сравнение степени современного радиоактивного загрязнения северных и южных районов Западной Сибири, несомненно, можно проводить только по однотипным компонентам биогеоценоза. Для этих целей не совсем подходят почвы. На Алтае они представлены различными черноземами, подзолами, солончаками и т. д. В них четко выделяются дерновый и гумусовый горизонты, служащие основным резервуаром радионуклидов. На обследованной площади Пур-Тазовского междуречья мхи и лишайники произрастают на слабо развитых лесных подстилках, торфяниках или непосредственно на песках. В песчаном материале нет поглощающего комплекса, поэтому радионуклиды в нем не задерживаются. Коллекцию из северных территорий в основном составляют пробы, представленные тонким слоем (1–2 см) дерна с большим количеством песка.

Активность радиоцезия в почвах Пур-Тазовского междуречья колеблется от 0 до 385 Бк/кг. Средняя активность ^{137}Cs здесь составляет 43,8 Бк/кг. В песках без видимой пропитки гумусовым веществом количество ^{137}Cs не поднимается выше 5–7 Бк/кг, чаще всего он находится за пределами чувствительности гамма-спектрометрического анализа. В Алтайском крае почвы опробованы через каждые 5 см до почвообразующего субстрата. Как правило, ^{137}Cs содержится в дерновом слое или в верхних слоях гумусового горизонта, где его активность резко снижается. В расчеты включены только те пробы, где обнаружен ^{137}Cs . Максимальная активность его обнаружена в дерновом горизонте одного из разрезов и составляет 345 Бк/кг, однако в некоторых точках опробо-

вания радиоцезий вообще не обнаружен. В расчете на площадь уровень загрязнения в Алтайском крае составляет около 60 мКи/км², что несколько выше глобального фона (50 мКи/км²), принятого для широт этого региона [6]. Максимальные значения запасов радиоцезия на отдельных участках превышают фоновый уровень в 2–3 раза. Данных по Пур-Тазовскому междуречью пока недостаточно для определения плотности загрязнения, но и здесь наблюдают 2–3-кратные вариации значений.

Донные отложения. Озера Алтайского края несколько отличаются от своих аналогов из северного района тем, что их водное питание происходит как паводковыми, так и подземными водами, на севере – в основном из снеготалых вод. В формировании осадков водоемов Алтая кроме отмирающего детрита огромную роль играет твердый сток, особенно усилившийся после освоения целинных земель в 50-х гг. Поэтому осадки алтайских озер чаще всего имеют минерально-органический или преимущественно минеральный состав. Большие площади водосбора и активные эрозионные процессы служат причиной вторичного радиоактивного загрязнения водоемов Алтайского края [7].

В Пур-Тазовском междуречье ландшафтные условия равнинно-болотной местности практически не способствуют эрозии почв, поэтому донные отложения представлены органическими илами табачно-зеленого цвета, быстро окисляющимися на воздухе и приобретающими почти черный цвет. Если вторичное радиоактивное загрязнение северных водоемов и существует, то оно связано не с эрозионными процессами на водосборных площадях, а лишь с воздушным привносом в составе аэрозолей из мест первичного загрязнения.

На севере Западной Сибири 3 озера, на юге – 50. Поэтому сравнение их по радиоактивному загрязнению не может быть признано корректным. Однако определенную информацию анализ донных отложений может дать. В отдельных интервалах опробования активность ¹³⁷Cs в осадках алтайских озер достигает 200–250 Бк/кг, в северных озерах она не поднимается выше 108 Бк/кг. В первом из этих двух регионов вертикальное распределе-

ние радиоцезия неравномерное. Повышенные концентрации ¹³⁷Cs отмечаются в разных интервалах опробования, что свидетельствует о неоднократном выпадении радиоактивных осадков на зеркало озера. Но основным типом распределения радиоцезия служит повышенное содержание ¹³⁷Cs в верхних горизонтах донных отложений с более или менее равномерным снижением активности к более глубоким горизонтам и полным исчезновением в интервалах 20–40 см, реже – 40–50 см. Такой единственный тип распределения отмечается в осадках изученных северных озер. Средняя плотность загрязнения осадков в озерах Алтайского края составляет 145, в Пур-Тазовском междуречье – 79,5 мКи/км².

Анализ чернобыльской компоненты (¹³⁴Cs), проведенный только для алтайских озер, показывает, что в верхних горизонтах донных отложений отношение ¹³⁷Cs/¹³⁴Cs в 4–5 раз выше, чем в нижних. Немногочисленные определения другого долгоживущего радионуклида ⁹⁰Sr показывают, что он также активно участвует в радиоактивном загрязнении водоемов. При этом он проникает в более глубокие горизонты осадков, чем ¹³⁷Cs, что связано с его повышенной геохимической активностью.

Мхи. В коллекцию, представляющую эти растения, вошли в основном гилокомиевые и энтодонтовые, а также болотные (сфагновые) виды. Известно, что различные мхи накапливают и удерживают в своих телах радионуклиды по-разному. Но в целом содержание ¹³⁷Cs в них всегда выше, чем в окружающих почвах, и коэффициент концентрации его нередко достигает величины нескольких десятков, хотя в литературе отмечаются значения ниже единицы [8, 9].

Как свидетельствуют данные табл. 1, мхи на Алтае в среднем загрязнены ¹³⁷Cs несколько меньше, чем на Севере. Конечно, подсчет среднего по максимальным значениям в отдельных интервалах не дает основания для корректного сравнения двух территорий по активности этого радионуклида. Тем не менее такой подход кажется более оправданным, чем пересчет по суммарному или усредненному значениям. На Алтае чаще всего отмечаются мхи, в которых основное количество ¹³⁷Cs сосредоточено в нижних и средних интервалах опробования.

Активность ^{137}Cs (Бк/кг) в компонентах биогеоценоза Алтая и Пур-Тазовского междуречья

Компоненты биогеоценоза	Алтайский край		Пур-Тазовское междуречье	
	n	^{137}Cs	n	^{137}Cs
Почвы		51(0–490)	34	81,5(0–245)
Донные осадки	12	60(0–228)	3	53(23–102)
Мхи	6	144(1–541)	21	197(74–738)
Лишайники	79	38(15–56)	47	120(9–372)
Подстилки		130(20–840)	34	300(54–685)

На Севере же основная активность радиоцезия отмечается в самых верхних, растущих частях растений (рис. 1). Вероятно, наибольшие содержания ^{137}Cs в средних и нижних интервалах моховых тел отражают время выпадения радиоактивных осадков, тогда как накопление в растущих клетках должно отражать современное загрязнение. Это предположение кажется не таким необоснованным. Случай высокой концентрации ^{137}Cs в эпифитном мхе, выросшем через 15–18 лет после прекращения открытых испытаний на Семипалатинском полигоне, описан нами ранее [10]. Кроме того, летом 1998 г. в дорожных выемках, возникновение которых относится к концу 70-х, началу 80-х гг. у г. Ноябрьска и в 150 км севернее от него, нами опробован мох (*Polytrichum commune*), начало роста которого следует отнести к 1981–1983 гг. Мхи растут в полевошпатово-кварцевых песках. Активность радиоцезия в нижних интервалах мхов составила в первом случае – 7, во втором – 83 Бк/кг, в верхних – соответственно 97 и 183 Бк/кг. В песках ^{137}Cs не обнаружен.

Что касается способности различных видов мхов к накоплению радионуклидов, то задача эта трудноразрешима: на какой-либо ограниченной площади отобрать различные мхи затруднительно, а мозаичность радиоактивных выпадений очень контрастна. Например, при исследованиях в смежных с Алтайским краем регионах (Новосибирская область, республики Алтай и Тува) опробование черноземов в пяти точках на "конверте" размером 10 × 10 м дало разброс значений активности ^{137}Cs в 2–3 раза. Такие же результаты показаны и при опробовании донных отложений в нескольких пунктах [10]. Это дает основания полагать, что собранные в различных местах отдельные виды мхов могут отражать мозаичность радиоактивных выпадений.

В целом следует отметить, что как эпифитные (растущие на деревьях и пнях), так и наземные лесные и болотные мхи чаще всего накапливают очень высокие количества радиоцезия, однако лесные виды кажутся более способными к захвату радионуклидов, чем болотные разновидности. Это заключение основывается

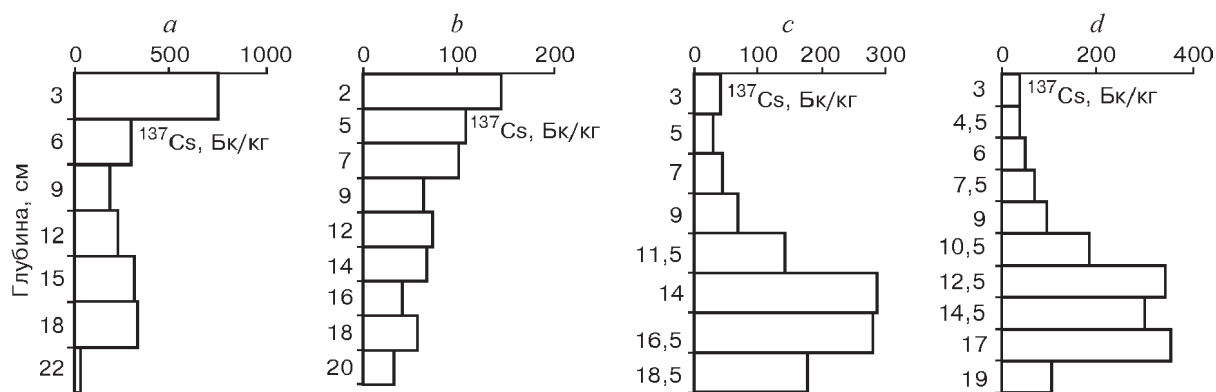


Рис. 1. Характер вертикального распределения ^{137}Cs в разрезах гилокомиевых мхов на севере (a, b) и юге (c, d) Западной Сибири.

на том, что самые высокие концентрации ^{137}Cs среди всех изученных мхов как на Севере, так и на Алтае отмечены в родственных лесных видах (738 и 541 Бк/кг соответственно). Однако и в сфагновых мхах активность его иногда достигает величин 300–500 Бк/кг.

Лишайники. Эти растения представляют в экологическом аспекте особый интерес. Они не только служат великолепными индикаторами радиоактивного загрязнения, но и являются первым звеном в пищевой цепочке коренных жителей Крайнего Севера. Кроме того, отдельные их виды широко распространены на Алтае и в Пур-Тазовском междуречье.

Проблеме "лишайник–олень–человек" посвящено огромное количество исследований как в нашей стране, так и за рубежом [11–16 и др.]. Однако большинство сведений относится к периоду, близкому к времени активных ядерных испытаний на полигонах СССР и США. Наши данные базируются на коллекциях, собранных в 1993–1995 (Алтай) и в 1997–1998 гг. (Север).

В Алтайском крае лишайники собраны в сосновых борах, в Пур-Тазовском междуречье – в лесах и на болотах. В первом случае это только вид *Cladina stellaris*; во втором – этот вид в сборе доминирует, но нередко произрастает в симбиозе с другими лишайниками. Большое разнообразие лишайников на Севере позволило отобрать на площади 6×10 м шесть их разных видов. Активность ^{137}Cs в этих лишайниках, собранных около пос. Самбург, колеблется от 58 до 144 Бк/кг (табл. 2).

Для сравнения степени радиоактивного загрязнения двух обсуждаемых территорий нами выбран только один вид *Cladina stellaris*. Среднее значение содержания ^{137}Cs на Севере более чем в 3 раза выше, чем на Алтае (120 и 38 Бк/кг соответственно). Если допустить, что в месте отбора упомянутых выше шести видов лишайников радиоактивные осадки выпали равномерно, то *Cladina stellaris* не относится к высокоемким разновидностям: активность радиоцеция в нем в 2 раза ниже, чем в видах с повышенным его значением (см. табл. 2). Поэтому следует считать, что олени на Севере зимой питаются не самыми загрязненными видами лишайников.

Т а б л и ц а 2

Активность ^{137}Cs в различных видах лишайников		
№ п/п	Вид	^{137}Cs , Бк/кг
1	<i>Alectoria ochroleuca</i>	58
2	<i>Stereocaulon tomentosum</i>	65
3	<i>Cladina stellaris</i>	70
4	<i>Cladonia cornuta</i>	86
5	<i>Cetraria islandica</i>	141
6	<i>Cladina mifis</i>	144

В связи с тем, что в литературе существуют сведения о предпочтительном накоплении ^{137}Cs в верхних ризоидах кустистых лишайников, нами проверено это положение на примере вида *Cladina stellaris*. Высота лишайника составляет 20 см. В верхних 5 см активность радиоцеция составляет 143 Бк/кг, в следующих 5 см, представленных достаточно "свежими" (т. е., по-видимому, еще растущими) ризоидами – 70, в поблекших частях лишайника (10–15 см) – 92 и в самых нижних, где тело ягеля начинает подгнивать – 175 Бк/кг (рис. 2). Подстилающая масса, представленная слежавшимся перегнившим лишайником, содержит 244 Бк/кг. В нижележащей лесной подстилке обнаружено 54, а в песке – 2 Бк/кг.

Если считать, что ветвистый лишайник за 50 лет вырастает на 6 см [17], то в нашем при-

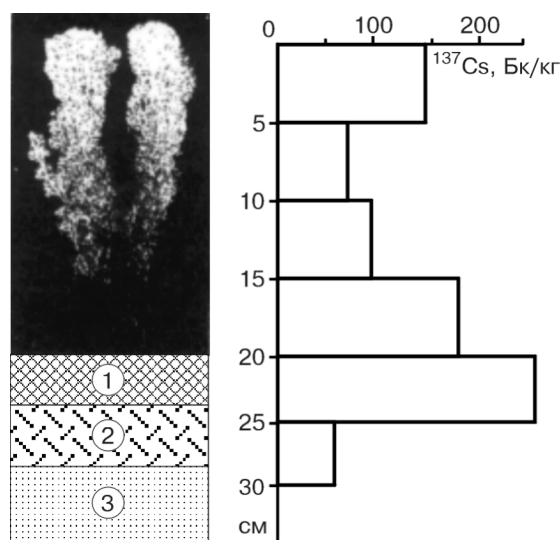


Рис. 2. Характер распределения ^{137}Cs в разрезе ягель–почва.

1 – слежавшийся гнилой ягель, 2 – лесная подстилка, 3 – песок.

мере он рос около 300 лет, даже если приведенная оценка темпов роста несколько занижена. Следовательно, выпавший в период активных испытаний ^{137}Cs не весь остался в ягеле: какая-то его часть мигрировала вниз и задержалась в отмерших частях тела и подстиляющем субстрате. Период естественного полураспада лишайников от ^{137}Cs составляет по разным оценкам от 4–5 до 9–12 лет [18, 19]. Поэтому приведенные значения удельной активности ^{137}Cs в лишайниках – лишь частичное отражение уровня их загрязнения во время проведения испытаний на ядерных полигонах.

Радиоактивный стронций в лишайниках накапливается менее охотно: средняя его активность по данным анализа 16 проб составляет 14,4 Бк/кг при вариации значений от 5,3 до 29,8 Бк/кг.

Лесные подстилки. Эти образования на Севере и Алтае несколько отличаются друг от друга. В сосновых борах Алтайского края подстилки имеют мощность от 10 до 20 см и более и представлены гниющей хвоей. Северные их аналоги в изученных разрезах менее мощные – не более 3 см. Нижние их интервалы, состоящие также из гниющей хвои, перекрываются тонким слоем сгнившего ягеля (0,5–1 см, редко больше). В наших расчетах эти два слоя рассматриваются совместно.

Динамика поведения радиоцезия после выпадения на лесные биогеоценозы сложна и зависит от многих причин: дисперсности аэрозолей, типа лесной растительности, атмосферных условий и т. д. [20]. На поведение ^{137}Cs в лесных подстилках влияют многие факторы: резкие колебания температуры, замораживание и высушивание ведут к его резкому высвобождению [9]. В процессе образования подстилки происходят деструкция и биохимическая трансформация растительных остатков, превращающие их в биогеохимический барьер, на котором задерживаются токсиканты [21]. По мнению разных авторов, время существования лесных подстилок, с одной стороны, составляет около 20 лет [22, 23], а с другой – относительная стабилизация их наступает через 80–100 лет [24].

В лесных подстилках Пур-Тазовского междуречья средняя удельная активность ^{137}Cs – 300 Бк/кг при разбросе максимальных значений в отдельных разрезах от 54 до 685 Бк/кг. Основное количество его сосредоточено в слое

сгнившего кустистого лишайника, хотя и в сосново-кедровых опадах уровни радиоактивного загрязнения по ^{137}Cs достигают значительных величин (200–300 Бк/кг). На территории Алтайского края среднее значение активности радиоцезия несколько ниже – 207 (56–359) Бк/кг. Максимальные концентрации его приходится на средние интервалы разрезов, где сорбционная емкость разлагающейся органики достигает наивысшего уровня. В отличие от микроэлементов, вертикальное распределение радиоцезия не зависит от зольности подстилок в том или ином интервале опробования. Отличительной особенностью лесных подстилок от других компонентов биогеоценоза является еще одно их свойство. Как было показано выше, в донных отложениях и мхах нередко отмечается несколько интервалов с повышенными уровнями активности радиоцезия. В десятках разрезов лесных подстилок, изученных нами в Туве, Горном Алтае, Новосибирской и Кемеровской областях, лишь в единичных случаях наблюдается более одного интервала с повышенным значением ^{137}Cs . По-видимому, это свидетельствует о специфическом перераспределении радиоцезия в подстилках после его выпадения на лесные биогеоценозы.

Пищевые продукты. Рационы жителей Алтайя и Пур-Тазовского междуречья заметно отличаются друг от друга. В южных районах Западной Сибири наряду с мясными продуктами существенная роль в питании принадлежит овощам, выращиваемым на личных подворьях. В пище алтайцев и казахов (Горный Алтай) главной составляющей служат мясо и продукты животноводства. Этим они мало отличаются от коренных жителей Пур-Тазовского междуречья (ненцев, селькупов).

Анализ основных продуктов питания показывает, что на Севере они загрязнены ^{137}Cs в заметных количествах, тогда как на Алтае он обнаружен лишь в кедровых орехах, да и то в таких количествах, которые никак не могут влиять на здоровье людей (табл. 3). Оленина, по которой приведены данные, взята на анализ в декабре 1998 г.

Известно, что летний и зимний рационы северного оленя существенно отличаются друг от друга: летом – это листья кустарников и травянистые растения, зимой – ягель, который накапливает радионуклиды гораздо активнее,

Удельная активность ^{137}Cs (Бк/кг) в основных продуктах питания жителей Алтая и Пур-Тазовского междуречья

Алтай	N	^{137}Cs	Пур-Тазовское междуречье	N	^{137}Cs
Баранина	9	Не обн.	Оленина (мышцы)	18	213(48–315)
Сарлык	1	»	» почки	17	140,4(46–317)
Говядина	2	»	» печень	17	53,2(17–131)
Сыр	6	»	» кости	17	18,3(3–57)
Масло	1	»	» легкие	4	54(30–82)
Молоко	19	0,12(0–1,0)	» сердце	4	64,8(47–99)
Мед	10	0,07(0–0,3)	Вяленая оленина	1	1200
Картофель	31	Не обн.	Грибы белые (сушеные)	2	194,5(170–219)
Свекла	30	»	Рыба	4	1,5(0–3)
Морковь	30	»			
Капуста	10	»			
Орех кедровый	1	6,0			

чем травы. Поэтому в оленине проявляется резко выраженная сезонность по содержанию ^{137}Cs , составляющая от трех–пяти- [25] до десятикратного [26] спада за лето. Следует думать, что установленное нами содержание ^{137}Cs не самое высокое, поскольку максимум его олени накапливают только к весне [7].

Что касается другого долгоживущего радионуклида ^{90}Sr , то его активность в мышечных тканях оленей ничтожна (0,25–1,0 Бк/кг), а в костях она колеблется в широком диапазоне – от 54,5 до 554 Бк/кг.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Радиоактивное загрязнение территории Северного полушария активно обсуждается в научной литературе уже более трех с половиной десятилетий [11–15, 27–34.]. В последнее время появились сообщения и о загрязненности различных компонентов природы областей, примыкающих к Семипалатинскому полигону [6, 7, 35, 36 и др.]. Особое внимание уделено здоровью населения Алтайского края, пострадавшего от испытаний 1949–1962 гг., опубликованы не только отдельные статьи [37–39 и др.], но и целые сборники [40, 41]. Сведения о здоровье населения Крайнего Севера в связи с радиационным воздействием гораздо скуднее, хотя немногочисленные данные говорят о том, что население Пур-Тазовского междуречья серьезно пострадало от ядерных испытаний на о-ве Новая Земля [42–44].

В настоящем сообщении мы попытались сравнить радиоактивную загрязненность двух территорий, на которых главными источниками искусственных радионуклидов служили испытательные полигоны. Несомненно, на выпадения от их взрывов накладывались другие радиоактивные осадки от всевозможных аварий на предприятиях атомной промышленности, военных и космических объектах, испытаний на зарубежных полигонах и т. д. Учесть вклад от этих источников практически невозможно, поэтому мы априори принимаем основное современное загрязнение компонентов природы Алтая от Семипалатинского полигона, а Пур-Тазовского междуречья – от о-ва Новая Земля, даже с учетом того, что глобальные выпадения заметно отличаются на севере и юге Западной Сибири [45].

Приведенные аналитические данные дают больше оснований для вопросов, чем для выводов. Например, анализ трав и кустарников на Алтае показывает практически полное отсутствие в их надземных частях ^{137}Cs : он обнаруживается лишь в корневых системах, что связано с присутствием мелкозема. При этом глубокопроникающие в почву корни таких растений, как солодка, марьин корень и т.д., как правило, "чисты" от радиоцезия, а корневые системы приповерхностных горизонтов почв (чабрец, чий, ковыль и т. д.) нередко содержат некоторое его количество. Это и понятно: все исследователи радиоактивного загрязнения ландшафтов отмечают свойство ^{137}Cs накапливаться в дерне или верхах гумусового горизонта. На Севере нами установлено присутствие ^{137}Cs в ли-

стях ольхи и березы – до 63 Бк/кг, в болотных хвощах – до 76 Бк/кг. Такое различие в уровнях современного радиоактивного загрязнения заставляет предполагать наличие на Севере источников искусственных радионуклидов, существовавших значительно позже прекращения активных испытаний на Новоземельском полигоне. Это предположение подтверждается данными об аварийных выбросах радионуклидов при проведении подземных испытаний в 70–80-х гг., когда после некоторых взрывов концентрация ^{137}Cs в составе проб атмосферных аэрозолей превышала глобальные уровни в 10 000 раз [45]. Однако и на Семипалатинском полигоне каждый третий подземный взрыв сопровождался выбросом на поверхность радиоактивных веществ [46]. Между тем современный уровень удельной активности ^{137}Cs во многих компонентах биогеоценоза Пур-Тазовского междуречья выше, чем в их аналогах с Алтая. И если можно подвергать сомнению сравнение по таким компонентам, как почвы, донные отложения озер, мхи и т. д., в силу отличий их вещественного состава или видовых особенностей, то существенное различие значений в лишайниках не может вызывать критики: наши выборки лишайников из того и другого региона представлены одним и тем же видом *Cladina stellaris*.

Некоторые из приведенных данных подтверждают сведения о современном уровне радиоактивного загрязнения мохово-лишайникового покрова Севера [47], но не совсем укладываются в концепцию снижения уровня глобальных радиоактивных выпадений в 70-е гг. стабилизацию их к середине 80-х гг. [48, 49]. По-видимому, на глобальный фон накладываются локальные или региональные радиоактивные выпадения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ современного уровня активности искусственных радионуклидов в компонентах биогеоценоза и основных продуктах питания дает основание считать радиоактивное загрязнение природы Пур-Тазовского междуречья более высоким, чем Алтайского края. На Алтае содержание радионуклидов в растительных и

животных продуктах установлено на пределе чувствительности анализа. Радиоактивное загрязнение основных продуктов питания жителей Северного региона существенно выше и в некоторых случаях превышает допустимые нормы, принятые в нашей стране. Например, временными допустимыми уровнями (ВДУ–91) предельное содержание ^{137}Cs в мясных продуктах предусмотрено в размере 740 Бк/кг, а в пробе вяленой оленины (а этот продукт составляет существенную часть летнего рациона коренных жителей Севера) его концентрация в 1,62 раза выше. В свежей оленине она также существенна, но таких высоких значений не достигает. Однако постоянное употребление ее в пищу способствует внутреннему облучению, что гораздо опаснее, чем облучение внешнее. Приходится признать, что население Севера не только подвергалось облучению в период открытых испытаний на Новоземельском полигоне, но и продолжает получать его в настоящее время. В период ядерных испытаний в 50–60-е гг. жители Алтая также находились под жестким влиянием радиоактивных выпадений, современное же состояние искусственной радиоактивности в компонентах природы и местных продуктах питания не дает оснований для беспокойства. Данные о плохих медико-биологических показателях населения Алтая, которые приводились и приводятся в научной литературе, свидетельствуют об отдаленных последствиях ядерной вакханалии середины XX в.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 97-05-65235 и интеграционного проекта СО РАН №11-98.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. В. Дубасов, В. П. Думик, С. А. Зеленцов и др., *Бюл. ЦОИ по атомной энергии*, 1994, 1, 18–29.
2. М. Н. Троицкая, П. В. Рамзаев, А. А. Моисеев и др., *Современные проблемы радиобиологии*, 2, Радиоэкология, М., Атомиздат, 1971, 325–353.
3. К. П. Махонько, Ф. А. Работнова, А. А. Волокитин, *Атомная энергия*, 1990, **68**: 4, 262–264.
4. В. А. Бобров, А. М. Гофман, *Лабораторный гамма-спектрометрический анализ естественных радиоактивных элементов (метод. разработки)*, Новосибирск, Изд-во ИГиГ СО АН СССР, 1971.
5. В. М. Гавшин, В. А. Бобров, Р. Г. Демина, Л. М. Дорогиницкая, *Геохимия рудных элементов в процессах выветривания, осадконакопления и катагенеза*, Новосибирск, Изд-во ИГиГ СОАН СССР, 1979, 128–160.

6. Ф. В. Сухоруков, Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека, Материалы Междунар. конф., посвящ. 100-летию со дня открытия явления радиоактивности и 100-летия Томск. политех. ун-та, 3, Томск, Изд-во ТГУ, 1996, 302–304.
7. Б. Л. Щербов, В. И. Лебедев, В. Д. Страховенко и др., Там же, 259–263.
8. И. Молчанова, Н. В. Боченина, *Экология*, 1980, 3, 42–47.
9. M. Witkamp, *Soil Biol. Biochem.*, 1969, 1: 3, 167–172.
10. Б. Л. Щербов, Н. В. Андросова, Л. Д. Иванова, В. Д. Страховенко, *Геология и геофизика*, 1997, 38: 9, 1497–1507.
11. А. И. Нижников, М. А. Невструева, П. В. Рамзаев и др., Цезий-137 в печени лишайник–олень–человек на Крайнем Севере СССР (1962–1968 гг.), М., Атомиздат, 1969.
12. А. А. Моисеев, П. В. Рамзаев, Цезий-137 в биосфере, М., Атомиздат, 1975.
13. М. Н. Троицкая, П. В. Рамзаев, А. А. Моисеев и др., Современные проблемы радиобиологии, 2, Радиоэкология, М., Атомиздат, 1971, 325–353.
14. L. Ekman, V. Greitz, *Radioecol. Concentrat. Processes*, Oxford, 1967, 209–215.
15. K. Goran, K. Svenson, K. Liden, *Health Phys.*, 1965, 11, 1393–1400.
16. D. F. Holleman, J. R. Luick, F. W. Whicher, *Ibid.*, 1971, 21: 5, 657–666.
17. J. K. Miettinen, *Proceedings of a Third United Nations Conf. on the Peaceful Uses of Atomic Energy*, Geneva, 1964, United Nations, N. Y., 1965, 14.
18. W. C. Hanson, *Radioecological Concentration Processes*, Proc. of Intern. Simpos. Held in Stockholm, London, Pergamon Press, 1967.
19. J. K. Miettinen, E. Hasanen, B. Aberg and F. P. Hungate (eds.), *Radioecol. Concentr. Proc.*, Pergamon Press, Oxford, 1967, 221–231.
20. С. В. Мамихин, Ф. А. Тихомиров, А. И. Щеглов, *Экология*, 1994, 2, 43–49.
21. Б. Н. Золоторева, И. И. Скрипниченко, Е. Г. Шитова, М. Х. Аблеев, Роль лесной подстилки в лесных биогеоценозах (Тез. докл. Всесоюз. совещ.), М., Наука, 1983, 78–79.
22. Р. В. Галиулин, Там же, 40–41.
23. А. А. Пугачев, Там же, 165–166.
24. В. Ф. Остапенко, А. П. Андрущенко, Там же, 145–146.
25. K. Liden, M. Gustafson, *Radioecol. Concentrat. Processes*, Oxford, Pergamon Press, 1967, 193–208.
26. W. C. Hanson, H. E. Palmer, *Nucl. Sci. Abstrs*, 1965, 19: 8, 13625.
27. K. Liden, *Acta Radiolog.*, 1961, 56, 64–65.
28. G. K. Svensson, *Radioecol. Conc. Proc.* Stockholm, 1967, 539–546.
29. B. R. Holtzman, *Nature*, 1966, 210: 5041, 1094–1097.
30. А. А. Моисеев, Л. Р. Романов, В. Ф. Даровских, *Гигиена и санитария*, 1970, 6, 92.
31. А. И. Никитин, В. Б. Чумичев, Миграция радионуклидов в водных системах (докл. конф., Обнинск, 1993), Обнинск, НПО "Тайфун", 1995, 54–61.
32. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 1991, Ежегодник, Росгидромет, НПО "Тайфун", 1992.
33. C. Olsen, T. Beasley, R. Larsen, *Arctic Res of the Us*, 1994, 8, 190–197.
34. В. А. Поляков, Е. С. Мельников, *Криосфера Земли*, 1998, 11: 1, 36–43.
35. В. М. Гавшин, Ф. В. Сухоруков, И. Н. Маликова и др., Ядерные испытания, окружающая среда и здоровье населения Алтайского края. Материалы науч. исслед., 1:1, Барнаул, 1993, 34–72.
36. Б. Л. Щербов, В. Д. Страховенко, Л. П. Осипова, О. Л. Посух, Актуальные вопросы геологии и географии Сибири. Материалы научн. конф., посвящ. 120-летию основания Томского гос. ун-та, 3, Томск, 1998, Изд-во ТГУ, 302–304.
37. Я. Н. Шойхет, В. М. Лоборев, В. И. Киселев и др., *Вестн. науч. программы "Семипалатинский полигон-Алтай"*, 1994, 1, 7–25.
38. В. А. Козлов, В. И. Коненков, В. С. Ширинский и др., Там же, 65–71.
39. В. И. Коненков, В. Ф. Прокофьев, Там же, 1995, 65–71.
40. Ядерные испытания, окружающая среда и здоровье населения Алтайского края (Материалы науч. исслед.), Барнаул, Науч. совет комплекс. прогр., 1993, 5: 1, 5: 3, 5: 4.
41. Исследования последствий радиационных загрязнений районов Алтайского края // Генетические эффекты антропогенных факторов среды, Новосибирск, 1993, Изд-во ИЦиГ СО РАН, 1.
42. О. Л. Посух, Л. П. Осипова, Ю. А. Крюков, Е. А. Иванкин, *Генетика*, 1996, 32: 6, 822–829.
43. L. P. Osipova, O. L. Posukh, K. P. Koutsenogii e. a., NATO ARW: Fundamentals for the Assessment of Risks from Environmental Radiation (Prog. and Abstr.), Brno, 1997, 31.
44. Л. П. Осипова, О. Л. Посух, В. Г. Матвеева и др., Интеграционные программы фундаментальных исследований, Новосибирск, НИЦ СО РАН, 1998, 327–342.
45. К. П. Махонько, Л. Н. Павлова, *Бюл. ЦОИ*, 1997, 9, ЦНИИАтоминформ, 15–24.
46. Е. Л. Якубовский, В. И. Нагибин, В. П. Суслин, Семипалатинский полигон – 50 лет, Новосибирск, ИПП Сов. Сибирь, 1998.
47. М. Г. Нифонтова, *Экология*, 1998, 3, 196–200.
48. Л. И. Болтнева, Ю. А. Израэль, В. А. Ионов, И. М. Назаров, *Атомная энергия*, 1977, 42: 5, 335–360.
49. В. В. Челюканов, В. А. Савельев, *Метеорология и гидрология*, 1991, 11, 118–119.

Comparative Characteristics of Modern Radioactive Pollution of West Siberian Territories Adjacent to the Semipalatinsk and Novaya Zemlya Testing Grounds (on the Examples of the Altai and Pur-Taz Interfluvium)

B. L. SHERBOV, V. D. STRAKHOVENKO, I. N. MALIKOVA,
L. P. OSIPOVA, F. V. SUKHORUKOV, A. S. STEPIN

In the Altaysky Krai and Yamal-Nenets autonomous district, collections of biogeocenosis components that serve as indicators of radioactive environment pollution (virgin soils, bottom sediments of closed water bodies, mosses, lichens and forest litter beddings) have been set up. Besides, specimens of the principal food items of native populations have been selected. Analysis of ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr in all the samples gives reasons to consider the modern radioactive pollution of the Extreme North to be higher than that of the south of West Siberia. The high radionuclide concentrations found in reindeer meat from northern regions witness to the fact that natives of the Yamal-Nenets district not only received a considerable dose of irradiation at the period of active nuclear tests in the Novaya Zemlya testing ground, but also continue to be exposed to internal irradiation due to using reindeer meat as food.

In the Altai, the modern level of artificial radioactivity should not be worried about: in vegetable products grown in private husbandries, in fodder grasses, mutton, stag meat, beef, cedar pine seeds, berries (the Steppe and Mountainous Altai), the specific ^{137}Cs radioactivity has been found to be at the limit of detectability. However, there is no doubt that at the period of active nuclear tests in the Semipalatinsk testing ground, the Altai population was exposed to a strong influence of radioactive fallouts. This is witnessed by the GIGGM and ICG SD RAS.