

УДК 614.73 + 631.41:546

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ $^{137}\text{Cs}$ В ПОЧВАХ И НЕКОТОРЫХ БИООБЪЕКТАХ В ЛЕСАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. ЛУРЬЕ, М.С. КУБАСОВА

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

*В статье приведены результаты определений содержания  $^{137}\text{Cs}$  в лесных почвах, грибах, ягодах и других природных объектах в 12 районах Архангельской области. Выявленный уровень радиоактивного загрязнения в верхних слоях почв, составляющий от 20 до 50 Бк/кг (по удельной активности  $^{137}\text{Cs}$ ), несколько превышает региональный уровень глобального загрязнения этим радионуклидом. В напочвенном растительном покрове наибольшее содержание  $^{137}\text{Cs}$  найдено в грибах: от 20–40 до 90–120 Бк/кг, несколько ниже — в пробах лишайников и мхов, и наименьшее — в лесных ягодах (бруснике и чернике).*

*На основе собранной информации можно прийти к выводу, что наиболее вероятным источником слабого радионуклидного загрязнения в исследованных районах Архангельской области являются испытания ядерного оружия в начале 60-х гг. прошлого века, проводившиеся на Новоземельском полигоне, а также, в отдельных районах, следы отдаленных выпадений чернобыльского происхождения.*

*Ключевые слова: радиоцезий ( $^{137}\text{Cs}$ ), лесные почвы Архангельской области, мхи, лишайники, лесные ягоды, грибы-базидиомицеты, биоиндикация радионуклидного загрязнения.*

### Введение

На севере Европейской части России имеется значительное количество потенциальных источников радиоактивного загрязнения. Одним из важнейших источников загрязнения в Архангельской области являлся испытательный полигон «Северный» на архипелаге Новая Земля, на котором в период между 1955 и 1990 гг. было произведено 214 испытаний ядерного оружия, причем 87 из них были атмосферными, — такие испытания давали наибольшее загрязнение окружающей среды. Максимальная интенсивность испытаний пришлось на 1961–1962 гг.

В Северодвинске, недалеко от Архангельска, а также на базах атомных подводных лодок Северного флота на Кольском полуострове (Мурманская обл.) сосредоточено большое число объектов и предприятий по строительству, обслуживанию и утилизации АПЛ. Имеется здесь и множество мест выдержки или захоронения радиоактивных отходов.

Нельзя оставить без внимания и предприятия атомной энергетики. В г. Полярные Зори, в 20 км от г. Кандалакша, работает Кольская АЭС с 4 энергоблоками типа ВВЭР. Планируется строительство в Мурманской области новой Кольской АЭС-2 с 2 блоками, а также установка в Северодвинске плавучей АТЭС малой мощности.

В период между 1971 и 1988 гг. на территории Архангельской области (в Мезенском и Вилегодском районах и в Ненецком АО) было выполнено 4 подземных ядерных взрыва в промышленных целях. В соседней Мурманской области, на плато Куэльпорр в Хибинах, находится крупный законсервированный объект под условным названием «Днепр», который образовался в результате проведения трех промышленных подземных взрывов в 1972 и 1984 гг.; целью их была разработка месторождения апатитнефелиновой руды.

Тем не менее к настоящему времени радиационная обстановка в Архангельской области признается в целом стабильно удовлетворительной [24]. За исключением ряда объектов на Новой Земле, а также пункта захоронения твердых радиоактивных отходов «Миринова Гора», других очагов с радиоактивным загрязнением в области не отмечено.

Территориальная система АСКРО с 11 стационарными пунктами в городах и крупных населенных пунктах работает с 2011 г. Ее задачи — радиационный мониторинг и аварийное реагирование в области. Оценка радиационной обстановки осуществляются, в основном, посредством измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения и отбора проб радиоактивных аэрозолей, выпадающих на поверхность из приземной атмосферы. Производится также контроль продовольственного сырья и пищевых продуктов на соответствие требованиям СанПиН. Однако отбор проб природных объектов: почвы, грибов, ягод, мяса диких животных и т.п. проводится в довольно ограниченных размерах. В литературе не так много публикаций специальных исследований, выполненных в Архангельской области [1, 12, 25].

Специалисты полагают, что изучение радиоэкологической ситуации необходимо не только в непосредственной близости от радиационно-опасных объектов, но и на региональном уровне северных территорий [4, 6]. В окончательном заключении Международного Чернобыльского форума (2008) среди основных текущих задач рекомендуется «проводить постоянный долгосрочный мониторинг специфических лесных продуктов, таких как грибы, ягоды и дичь» [18].

### **Объекты и методы исследований**

Настоящие исследования проводили в 2009–2014 гг. Отбор проб выполнялся в ряде произвольно выбранных точек в 12 районах Архангельской области (рис. 1). Основными объектами исследования явились почва, лесная подстилка, грибы-базиномицеты, лесные ягоды (брусника и клюква) и некоторые растения, используемые в качестве биоиндикаторов радиоактивного загрязнения местности — мхи и лишайники. Типичными для области являются подзолистые, глеево-позолистые и болотно-подзолистые почвы северной и средней таежно-лесных подзон, сформированные преимущественно на ледниковых отложениях. Окончательное высушивание образцов до воздушно-сухого состояния выполнялось по их доставке в лабораторию.

Измерение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в образцах проводили с помощью автоматического гамма-спектрометра Wizard 2480 совместного производства Perkin-Elmer (США) и Wallac (Финляндия), с широким 3-дюймовым сцинтилляционным детектором NaI(Tl) колодезного типа. Эффективность счета в фиксированном окне, соответ-

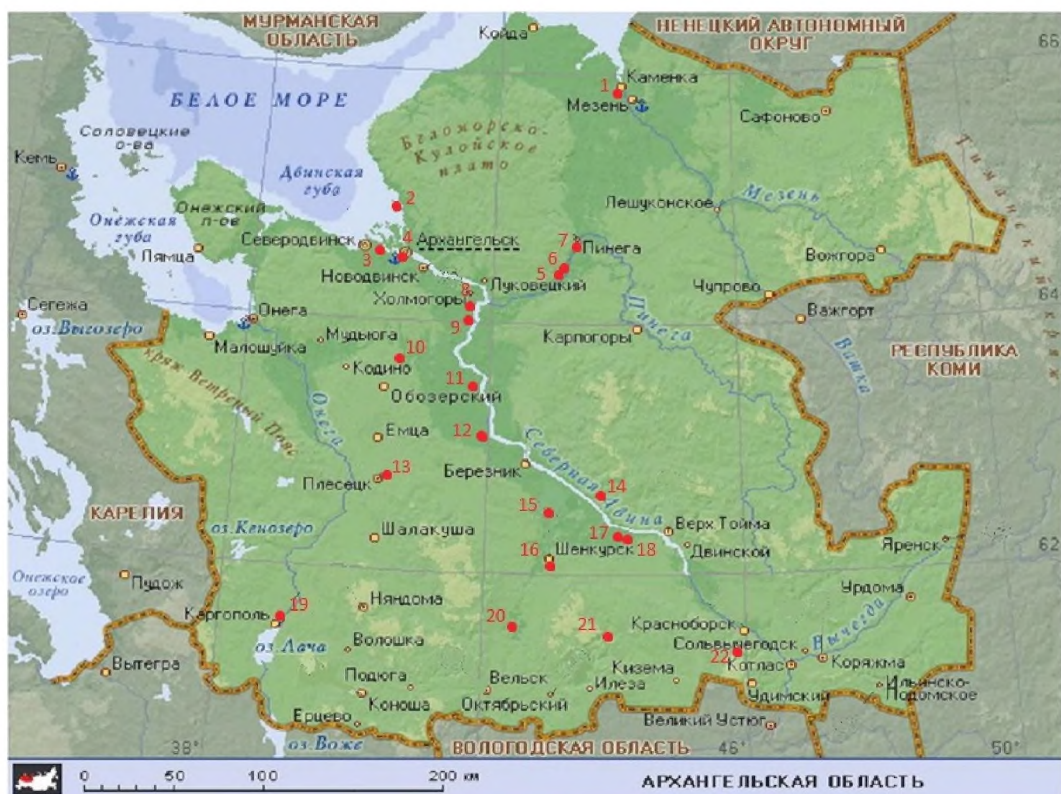


Рис. 1. Карта Архангельской области с указанием мест отбора почвенных и растительных проб

вующем основной линии спектра  $\gamma$ -излучения  $^{137}\text{Cs}$  (662 кэВ), составляла 33%. Для серийных измерений пробы загружались (с уплотнением) в полиэтиленовые флаконы объемом 24 см<sup>3</sup>, повторность измерений проб из каждого образца составляла от 2 до 5 (при наличии достаточного количества материала).

В таких условиях и при установке времени набора импульсов в течении 1–2 ч прибор обеспечивает надежное и достаточно точное измерение активности  $^{137}\text{Cs}$  в природных объектах на уровне глобальных фоновых значений [15, 16]. Относительная стандартная ошибка определений  $^{137}\text{Cs}$  в большинстве случаев составила для проб мхов и лишайников — от 5 до 20%, для ягод — от 10 до 20%, для грибов — от 3 до 5%, для проб лесной подстилки — от 5 до 12%, для минеральных почв — от 2 до 12% (в зависимости от содержания радионуклида; чаще всего ошибка составляла 3–4%).

### Результаты исследований и их обсуждение

Результаты определений удельной активности в образцах представлены в таблицах 1 (почвы), 2 (мхи), 3 (лишайники), 4 (ягоды), 5 (грибы).

По приведенным в таблице 1 данным, содержание  $^{137}\text{Cs}$  в лесной подстилке и в верхнем 5-сантиметровом слое почв в различных районах Архангельской области

## Сводка результатов по почвенным пробам

№ п/п	Место отбора проб	Год	Слой почвы	Удельная акт-сть <sup>137</sup> Cs, Бк/кг
1	Каменка (Мезенский р-н)	2012	Почва — подстилка Почва 0–5 см Почва 5–10 см	36 ± 4 26,5 ± 0,2 19,8 ± 0,7
3	Васьково (Приморский р-н)	2012	Почва — подстилка Почва 0–5 см Почва 5–10 см	12,4 ± 0,9 50,9 ± 1,0 22,4 ± 0,9
4А	Васьково (верхняя часть склона)	2014	Почва — подстилка Почва 0–5 см Почва 5–10 см Почва 10–20 см	33 ± 2 5 ± 1 14,8 ± 0,6 19 ± 1
4В	Васьково (средняя часть склона)	2014	Дернина Почва 0–5 см Почва 5–10 см Почва 10–20 см	28,2 ± 1,5 16 ± 2 21,4 ± 0,8 15,5 ± 0,5
4С	Васьково (нижняя часть склона)	2014	Почва 0–5 см Почва 5–10 см Почва 10–20 см	30 ± 3 46 ± 5 24 ± 3
5	Гбач (Холмогорск. р-н)	2013	Опад (хвоя, листья березы и осины) Почва — подстилка Почва 0–10 см Почва 10–20 см	14 ± 3 49 ± 5 26,9 ± 0,5 15,9 ± 0,2
6	Пинега (Пинежский р-н)	2011	Лесная подстилка Почва А <sub>0</sub> А <sub>1</sub>	40 ± 4 39 ± 1
7	Цимола (Пинежский р-н)	2013	Почва 10–20 см	21,5 ± 0,7
9	Брин-Наволоок (Холмогорск. р-н)	2012	Почва 0–5 см Почва 5–10 см	36 ± 3 21,1 ± 0,4
11	Коскошина (Холмогорск. р-н)	2013	Почва — подстилка Почва 0–10 см Почва 10–20 см	30 ± 4 14,8 ± 0,5 11,5 ± 1,0
12	Усть-Ваеньга (Виноградовск. р-н)	2013	Почва — подстилка Почва 0–10 см Почва 10–20 см	25 ± 3 11,8 ± 0,7 8,1 ± 0,9
14	Концегорье (Виноградовск. р-н)	2013	Почва — подстилка Почва 0–5 см Почва 5–10 см	29 ± 3 18,5 ± 0,7 17,5 ± 0,8

№ п/п	Место отбора проб	Год	Слой почвы	Удельная акт-сть <sup>137</sup> Cs, Бк/кг
15	Березничек (Виноградовск.р-н)	2013	Почва — подстилка Почва 0–10 см Почва 10–20 см	13,2 ± 1,1 11,4 ± 0,5 11,5 ± 0,6
17	Алексеевская (Верхнетоемск.р-н)	2013	Почва — подстилка Почва 0–10 см	28 ± 2 25 ± 2
18	Власьевская (Верхнетоемск.р-н)	2013	Почва — подстилка Почва 0–10 см Почва 10–20 см	63 ± 6 9,5 ± 0,6 5,2 ± 0,4
22	Березовка (Красноборск. р-н)	2013	Почва — подстилка Почва 0–10 см Почва 10–20 см	65,9 ± 1,4 16,0 ± 0,5 8,1 ± 0,3

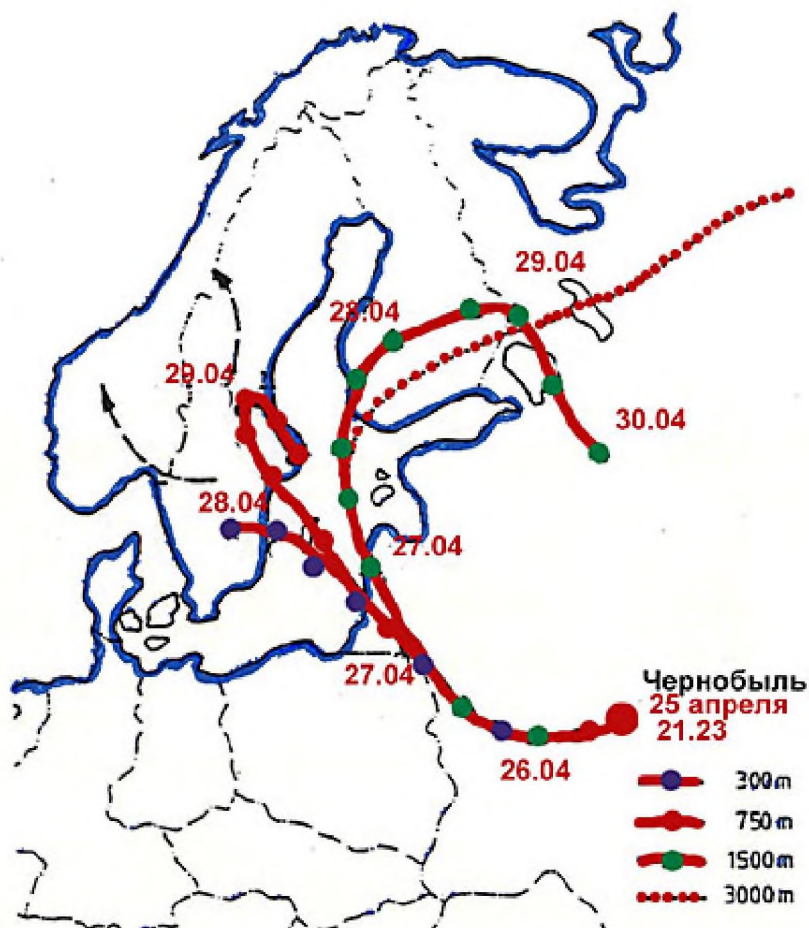
находится в основном на уровне 28–36 Бк/кг, что в общем соответствует немногочисленным публикациями специальных исследований, выполненных в Архангельской области за последнее время [1, 12, 24, 25].

Заметный разброс данных по определениям удельной активности <sup>137</sup>Cs в почвах объясняется не столько ошибками определений в пробах с крайне низким содержанием радионуклида, сколько хорошо известным из литературы обстоятельством, касающимся весьма значительной пространственной неоднородности реального загрязнения, т.е. большой мозаичностью выпадений [8, 11].

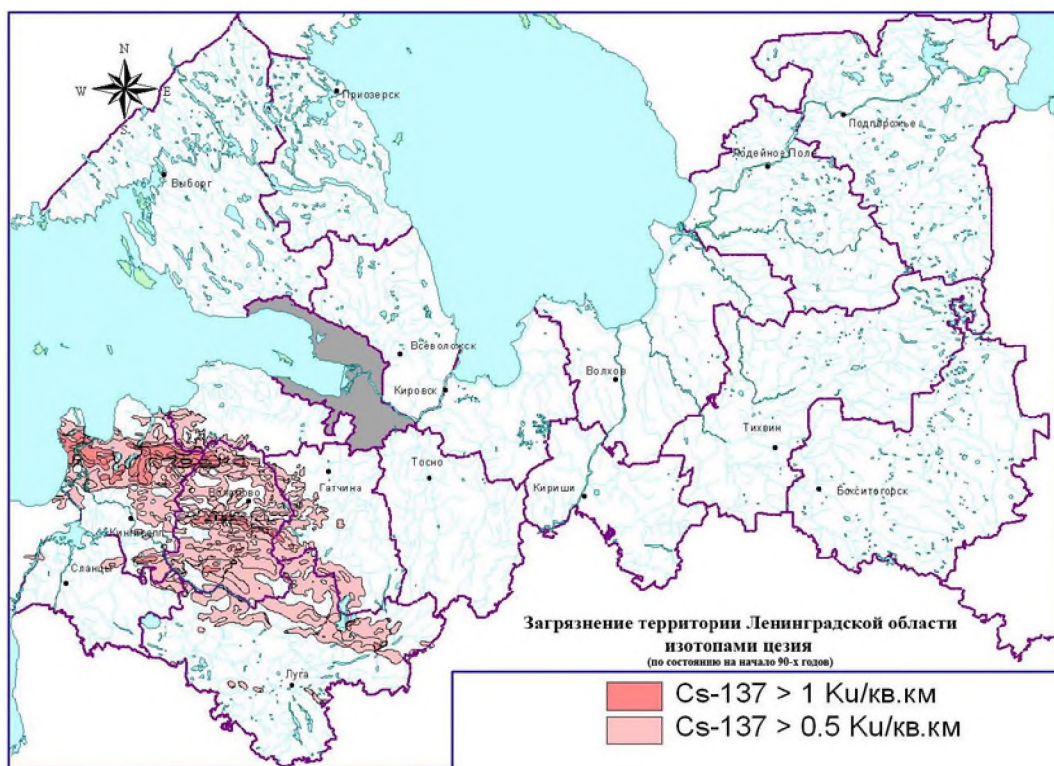
Значения удельной активности <sup>137</sup>Cs в верхнем слое лесных почв области показали некоторое превышение уровня «глобального» загрязнения на данных широтах [2, 14], что свидетельствует о дополнительном выпадении радионуклидов, например, из приземных воздушных потоков, имевших место во время атмосферных испытаний ядерного оружия. Такие локальные радиоактивные загрязнения распространяются по воздуху обычно не более чем на несколько сотен километров от места выполнения испытания. Следовательно, в нашем случае наиболее реальным источником дополнительного загрязнения (сверх «глобального») могла стать деятельность испытательного полигона «Северный» на Новой Земле. Действительно, в наших данных наблюдается тенденция снижения уровней загрязнения почв цезием с севера на юг области, т.е. от арктического побережья в глубь континента.

Повышенные значения удельной активности (до 60–66 Бк/кг) были выявлены в двух точках, в центрально-южной и юго-восточной частях области в Верхнетоемском и Красноборском районах (точки 18 и 22). Имеются также, хотя и не прямые (по грибам), свидетельства того, что загрязнение почвы имеет место в Плесецком, Красноборском и Вельском районах (в точках 8, 20, 22). Трудно предположить, что дополнительные выпадения радионуклидов в районе Вельска, например, пришли с Новой Земли, т.е. за 1,5 тыс. км от места испытаний. В южных районах области более вероятным источником загрязнения является след от Чернобыльской аварии 1986 г.

Как известно [3, 26], первичное перемещение Чернобыльского радиоактивного облака в северо-западном направлении, которое привело к существенным загрязнениям в Швеции и Норвегии, в дальнейшем расщепилось на несколько струй («факелов»). Одна из них, перемещавшаяся вначале на высоте около 1500 м над поверхностью, повернула затем на Финляндию, и далее — на юг, юго-восток, в сторону Ленинградской области (рис. 2). Выпадение радиоактивных веществ с дождями привело к заметному (с плотностью свыше 37 кБк/м<sup>2</sup> или 1 Ки/км<sup>2</sup>) загрязнению в Кингисеппском, Волосовском и Лужском районах [21]. На карте Ленинградской области (рис. 3) отдельные микроочаги складываются в достаточно четкую картину движения радиоактивного следа от юго-западной части Финского залива Балтийского моря (примерно от Усть-Луги) и далее — в юго-восточном направлении практически через всю область. Окончание этого шлейфа пришлось на северную часть Вологодской об-



**Рис. 2.** Схема движения основных потоков загрязнённых воздушных масс первого чернобыльского выброса, на различных высотах от поверхности. Время в оригинале [26] указано по Гринвичу, местное время начала выброса — 0.23, 26 апреля 1986 г.



**Рис. 3.** Карта загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  территории Ленинградской области в результате Чернобыльской аварии 1986 г. [19]

ласти. Возможно, что в т. 20 (Вельский район, почти на границе с Вологодской областью) мы тоже имеем дело со следом этого шлейфа. Однако к загрязнению основной части Архангельской области он, по-видимому, отношения не имеет.

Еще один воздушный шлейф, отмеченный вначале на высотах около 3000 м (он показан пунктирными точками на рисунке 2), уже над Балтийским морем отклонился к востоку и пошел по Заонежью, и далее — по Архангельской области.

Загрязненные воздушные массы от ЧАЭС пришли к северным регионам России уже в значительно ослабленном состоянии. Расчетная оценка плотности загрязнения цезием в Карелии и Архангельской области к 1988 г. составила 2–4 кБк/м<sup>2</sup> (0,06–0,10 Ки/км<sup>2</sup>) [17], что является хотя и небольшим, но все же заметным превышением над региональным фоновым значением.

Обзор результатов показывает, что наибольшее количество  $^{137}\text{Cs}$  даже спустя десятки лет после поверхностного загрязнения продолжает оставаться в верхних слоях почвы, что свидетельствует о высокой сорбционной способности данных почв. Ниже по профилю содержание радионуклида в общем постепенно понижается. В точке 5, где имеются данные по подстилке и по слою листового опада, определенно показано, что в листовом опаде содержание  $^{137}\text{Cs}$  явно понижено — по-видимому, по причине малой сорбционной емкости этого слоя или сравнительно быстрого протекания в нем процессов минерализации.

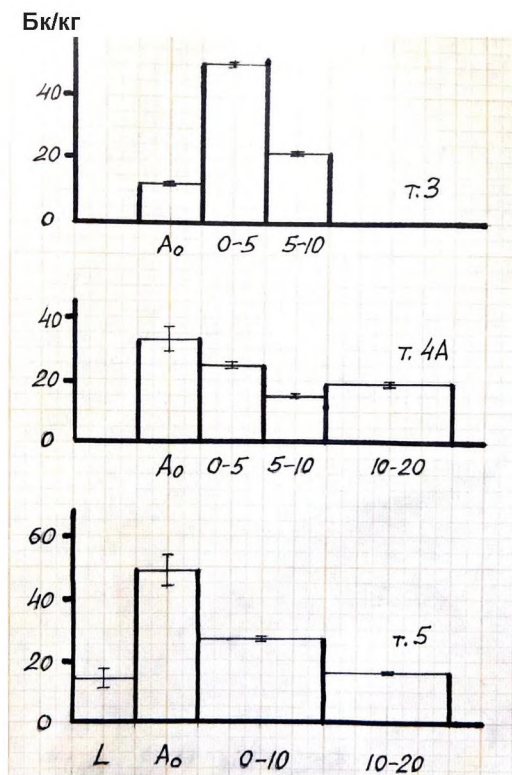


Рис. 4. Типичные примеры послойного распределения  $^{137}\text{Cs}$  в верхних 20 см почв (по точкам 3, 4A и 5)

В различных точках опробования можно заметить два типа послойного распределения  $^{137}\text{Cs}$  в верхних слоях почвы (рис. 4). В одном из этих двух случаев, более типичном, наибольшее содержание радионуклида наблюдается в слое лесной подстилки (показано на рисунке 12 для точек 4A и 5). Гораздо реже проявился другой тип распределения (там же, на точке 3), когда большая часть загрязнителя уже переместилась из подстилки в минеральный горизонт  $A_1$ . Действительно, множество данных литературы для большинства лесных почв подтверждает, что основное депонирование радионуклида наблюдается или в нижнем слое лесной подстилки, или в верхней части минеральной почвы, чаще всего в горизонте  $A_1$ .

О вторичном перемещении радионуклида со времени выпадения на почвенно-растительный покров можно судить по результатам послойного анализа содержания радионуклида в почвах и лесных ландшафтах. Вертикальная миграция  $^{137}\text{Cs}$  вниз по почвенному профилю происходит в естественных лесных почвах Архангельской области с очень малой скоростью (сопоставимой, по-видимому, со скоростью распада изотопа). За время, измеряемое десятилетиями, основное количество  $^{137}\text{Cs}$  осталось в слоях 0–5 и 5–10 см; ниже, в слое 10–20 см, обнаружено вдвое меньшее содержание радионуклида.

Показательны также результаты по точкам 4A, 4B и 4C (рис. 5). Эти точки расположены на одной линии и представляют собой единый геоморфологический профиль протяженностью около 300 м с уклоном порядка 6–7°. Здесь на возвышенности данные по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в верхних слоях почвы оказались достоверно меньшими, чем ниже по склону. На средней части склона содержание радионуклида заметно возросло по сравнению с вершиной холма, и в низине оно оказалось наибольшим. Такие данные являются, по-видимому, результатом проявления процессов латерального перемещения, а именно: эрозионного вымывания радионуклида с участков, расположенных на возвышениях, и переотложения его вниз по склону и в пониженных элементах ландшафта [7, 13].

#### *Накопление $^{137}\text{Cs}$ в наземной растительности*

Результаты определений содержания  $^{137}\text{Cs}$  во мхах (табл. 2) показали значения удельной активности в диапазоне приблизительно от 10 до 45 Бк/кг на сухую массу. В лишайниках (табл. 3) удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  определена в диапазоне от 5 до 20 (в отдельных случаях — до 50) Бк/кг на сухую массу, т.е. в большинстве случа-



ев содержание нуклида в лишайниках было заметно меньшим по сравнению со мхами. Какой-либо видовой специфичности накопления радиоцезия ни во мхах, ни в лишайниках не отмечено.

Полученные результаты соответствуют известным литературным сведениям о том, что низшие растения, особенно мхи и лишайники, задерживают и долго сохраняют на себе большую часть радионуклидных выпадений из атмосферы, и их загрязненность бывает обычно на порядок выше, чем у большинства высших растений, произрастающих в том же регионе. Причинами этого феномена являются анатомические особенности низших растений (отсутствие у них истинных корней), способность поглощать питательные вещества (а также сопутствующие им поллютанты) из воздуха и дождевых осадков, а также продолжительный рост их на одном месте.

Далее (табл. 4) приведены оценки показателя коэффициента накопления (Кн) для радиоцезия в наземной части растений. Выполнение расчетов значений этого показателя не всегда является достаточно корректным, особенно в случае низших растений, подобных мхам и лишайникам, которые не имеют настоящих корней (соответственно и корневого пути поступления поллютантов). Однако использование коэффициентов накопления довольно удобно для сравнительного анализа.

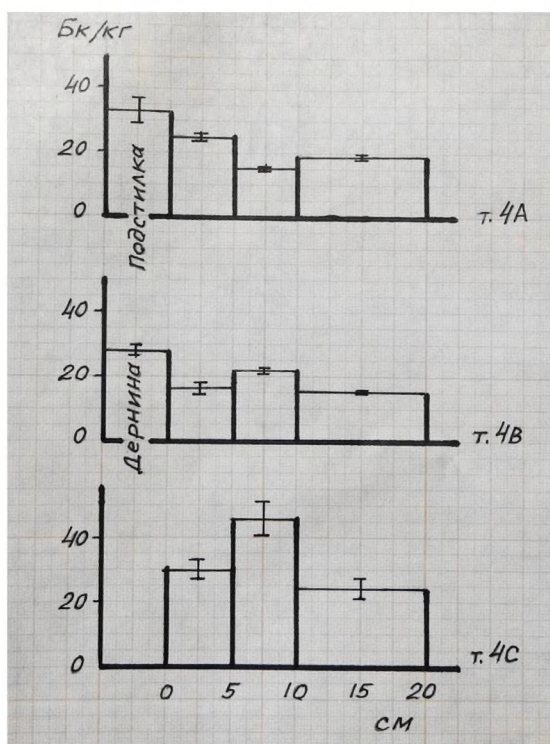


Рис. 5. Послойное распределение  $^{137}\text{Cs}$  в почве на трех точках рельефа — на возвышенности (т. 4А), в средней части склона (т. 4В) и в низине (т. 4С)

Т а б л и ц а 2

### Сводка результатов по мхам

№ п/п	Место отбора проб	Год	Виды мхов	Удельная акт-сть $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг
1	Каменка (Мезенский р-н)	2012	<i>Pleurozium schreberi</i> <i>Sphagnum palustre</i>	24 ± 4 44 ± 5
3	Васьково (Приморский р-н)	2012	<i>Polytrichum commune</i> <i>Pleurozium schreberi</i>	35 ± 11 23 ± 2
4А	Васьково (верхняя часть склона)	2014	<i>Hylocomium splendens</i>	31 ± 2

№ п/п	Место отбора проб	Год	Виды мхов	Удельная акт-сть <sup>137</sup> Cs, Бк/кг
4В	Васьково (средняя часть склона)	2014	<i>Racomitrium canescens</i>	25 ± 7
4С	Васьково (нижняя часть склона)	2014	<i>Sphagnum sp.</i>	15 ± 2
5	Гбач (Холмогорск. р-н)	2013	<i>Hylocomium splendens</i>	19
6	Пинега (Пинежский р-н)	2011	<i>Pleurozium schreberi</i>	24 ± 3
8	Верховье (Плесецкий р-н)	2012	<i>Polytrichum commune</i> <i>Sphagnum sp.</i> <i>Sphagnum sp.</i>	11 ± 2 13 ± 4 18 ± 2
9	Брин-Наволоч (Холмогорск. р-н)	2012	<i>Hylocomium splendens</i> <i>Pleurozium schreberi</i> <i>Sphagnum sp.</i>	35 29 ± 2 32 ± 4
11	Коскошина (Холмогорск. р-н)	2013	<i>Polytrichum commune</i>	19 ± 2
12	Усть-Ваеньга (Виноградовск.р-н)	2013	<i>Pleurozium schreberi</i>	15 ± 3
14	Конецгорье (Виноградовск.р-н)	2013	<i>Polytrichum commune</i> <i>Sphagnum sp.</i>	0,3 ± 1,5 6 ± 2
15	Березничек (Виноградовск.р-н)	2013	<i>Pleurozium schreberi</i> <i>Polytrichum commune</i>	21 ± 12 30 ± 16
17	Алексеевская (Верхнетоемск.р-н)	2013	<i>Hylocomium splendens</i> <i>Pleurozium schreberi</i> <i>Polytrichum commune</i>	12 16 ± 4 11 ± 7
18	Власьевская (Верхнетоемск.р-н)	2013	<i>Pleurozium schreberi</i> <i>Tortula ruralis</i>	42 46
22	Березовка (Красноборск. р-н)	2013	<i>Hylocomium splendens</i> <i>Pleurozium schreberi</i> <i>Sphagnum sp.</i>	24 43 ± 11 20 ± 3

В большинстве случаев диапазон расчетных значений Кн составил от 0,3 до 1,0 для мхов (за исключением точек 14 и 15) и от 0,2 до 0,5 — для лишайников. Таким образом, и по коэффициентам накопления данные по мхам оказались тоже заметно более высокими, чем по лишайникам. Результат дисперсионного анализа по 18 пробам мхов и 12 пробам лишайников показал средние значения Кн, равные 0,63 по мхам и 0,21 по лишайникам (с дисперсией соответственно 0,30 и 0,10). Итак, по типичным видам накопление <sup>137</sup>Cs во мхах превышает таковое в лишайниках примерно втрое.

Большинство проб лишайников относится к видам Кладония лесная (*Cladonia sylvatica*) и Цетрария исландская (*Cetraria islandica*), называемая также исландским мхом. Это кустистые, сильно разветвленные напочвенные (эпигейные) лишайники. Существенно отличался от других результат, полученный у Пелтигеры пупырчатой

Т а б л и ц а 3

## Сводка результатов по лишайникам

№ п/п	Место отбора проб	Год	Виды лишайников	Удельная акт-сть <sup>137</sup> Cs, Бк/кг
1	Каменка (Мезенский р-н)	2012	<i>Cladonia sylvatica</i>	22 ± 3
3	Васьково (Приморский р-н)	2011	<i>Cetraria islandica</i>	51 ± 22
2012		<i>Cladonia alpestris</i>	37 ± 2	
2012		<i>Cladonia rangiferina</i>	49 ± 3	
5	Гбач (Холмогорск. р-н)	2013	<i>Cladonia sylvatica</i>	-2 ± 2
6	Пинега (Пинежский р-н)	2011	<i>Usnea dasypoga</i>	15 ± 11
11	Коскошина (Холмогорск. р-н)	2013	<i>Cetraria islandica</i>	8 ± 2
			<i>Cladonia sylvatica</i>	15 ± 1
12	Усть-Ваеньга (Виноградовск. р-н)	2013	<i>Cetraria islandica</i>	5 ± 6
			<i>Cladonia sylvatica</i>	10 ± 2
			<i>Usnea dasypoga</i>	6
14	Конецгорье (Виноградовск. р-н)	2013	<i>Cladonia sylvatica</i>	0 ± 1
15	Березничек (Виноградовск. р-н)	2013	<i>Usnea dasypoga</i>	5 ± 4
18	Власьевская (Верхнетоемск. р-н)	2013	<i>Usnea dasypoga</i>	15 ± 8
			<i>Cladonia sylvatica</i>	16 ± 3
22	Березовка (Красноборск. р-н)	2013	<i>Cetraria islandica</i>	17,3 ± 0,3
			<i>Cladonia sylvatica</i>	23
			<i>Peltigera aphthosa</i>	53 ± 22
			<i>Usnea dasypoga</i>	11 ± 1

Т а б л и ц а 4

Коэффициенты накопления <sup>137</sup>Cs во мхах и лишайниках

Вид	Точка отбора проб	Удельная активность, Бк/кг сухой массы		Кн = a <sub>раст</sub> /a <sub>почв</sub>
		a <sub>раст</sub>	a <sub>почв</sub>	
<i>Мохообразные (Bryophyta)</i>				
<i>Hylocomium splendens</i>	4А (Васьково)	31 ± 2	33 ± 2	0,94
<i>Racomitrium canescens</i>	4В (Васьково)	25 ± 7	28,2 ± 1,5	0,89
<i>Sphagnum sp.</i>	4С (Васьково)	15 ± 2	30 ± 3	0,50
<i>Hylocomium splendens</i>	5 (Гбач)	19	49 ± 5	0,39
<i>Pleurozium schreberi</i>	6 (Пинега)	24 ± 3	40 ± 4	0,60

Вид	Точка отбора проб	Удельная активность, Бк/кг сухой массы		Кн = $a_{раст}/a_{почв}$
		$a_{раст}$	$a_{почв}$	
<i>Hylocomium splendens</i> <i>Pleurozium schreberi</i> <i>Sphagnum sp.</i>	9 (Брин-Наволоч)	35 29 ± 2 32 ± 4	36 ± 3	0,97 0,81 0,89
<i>Polytrichum commune</i>	11 (Коскошина)	19 ± 2	30 ± 4	0,63
<i>Pleurozium schreberi</i>	12 (Усть-Ваеньга)	15 ± 3	25 ± 3	0,60
<i>Polytrichum commune</i> <i>Sphagnum sp.</i>	14 (Концецгорье)	0,3 ± 1,5 6 ± 2	29 ± 3	0,01 0,21
<i>Pleurozium schreberi</i> <i>Polytrichum commune</i>	15 (Березничек)	21 ± 12 30 ± 16	13,2 ± 1,1	1,59 2,27
<i>Hylocomium splendens</i> <i>Pleurozium schreberi</i> <i>Polytrichum commune</i>	17 (Алексеевская)	12 16 ± 4 11 ± 7	28 ± 2	0,43 0,57 0,39
<i>Pleurozium schreberi</i> <i>Tortula ruralis</i>	18 (Власьевская)	42 46	63 ± 6	0,67 0,73
<i>Hylocomium splendens</i> <i>Pleurozium schreberi</i> <i>Sphagnum sp.</i>	22 (Березовка)	24 43 ± 11 20 ± 3	65,9 ± 1,4	0,36 0,65 0,30
<i>Лишайники (Lichenes)</i>				
<i>Usnea dasypoga</i>	6 (Пинега)	15 ± 11	40 ± 4	0,38
<i>Cetraria islandica</i> <i>Cladonia sylvatica</i>	11 (Коскошина)	8 ± 2 15 ± 1	30 ± 4	0,27 0,50
<i>Cetraria islandica</i> <i>Cladonia sylvatica</i> <i>Usnea dasypoga</i>	12 (Усть-Ваеньга)	5 ± 6 10 ± 2 6	25 ± 3	0,20 0,40 0,24
<i>Cladonia sylvatica</i>	14 (Концецгорье)	0 ± 1	29 ± 3	0,0 (?)
<i>Usnea dasypoga</i>	15 (Березничек)	5 ± 4	13,2 ± 1,1	0,38
<i>Cladonia sylvatica</i> <i>Usnea dasypoga</i>	18 (Власьевская)	16 ± 3 15 ± 8	63 ± 6	0,25 0,24
<i>Cetraria islandica</i> <i>Cladonia sylvatica</i> <i>Peltigera aphthosa</i> <i>Usnea dasypoga</i>	22 (Березовка)	17,3 ± 0,3 23 53 ± 22 11 ± 1	65,9 ± 1,4	0,26 0,35 0,80 0,17

\* *Примечание.* В качестве показателя удельной активности почвы взяты данные по подстилке; в отдельных случаях, когда таких данных не было, их заменили на данные по верхнему (0–5 см) слою почвы.

(*Peltigera aphthosa*). Таллом этого лишайника не кустистый, а состоящий из довольно крупных листоватых лопастей. Возможно, с этим и связано более высокое накопление радиоцезия на Пелтигере. Еще один вид исследованных лишайников — Уснея густобородая (*Usnea dasypoga*) — вообще не принадлежит напочвенным а является эпифитным. Впрочем, значения Кн у Уснеи мало отличались от значений по другим видам лишайников.

По указанным выше причинам мхи и лишайники давно и эффективно используются в качестве биоиндикаторов радиоактивного загрязнения при выпадениях из атмосферы [19]. Современные запасы радионуклида в почвах и растительном покрове сформировались в период наиболее активных испытаний ядерного оружия, которые происходили в основном в 1958–1959 и 1962–1963 гг. Максимум концентрации радионуклидов во мхах и лишайниках северных территорий пришелся примерно на 1964–1965 гг., когда он достигал значений порядка  $10^2$ – $10^3$  Бк/кг [5]. В последующие годы наблюдалось постепенное снижение активности в лишайниках и мхах вследствие вымывания радионуклидов из тканей и слоевищ и распада изотопа. К концу 70-х — началу 80-х гг. уровни глобального загрязнения лишайников и мхов снизились до значений примерно в десятки Бк/кг. В 1986 г. в лишайниках многих северных территорий снова отмечено возрастание концентрации радионуклидов, теперь уже вызванное чернобыльскими выпадениями.

В дальнейшем, и особенно к настоящему времени, физический распад и вымывание радионуклидов из слоевищ привели к заметному снижению поверхностной загрязненности на большинстве территорий. Лишь там, где чернобыльские выпадения были значительными (например, в ряде районов Швеции, Норвегии и Финляндии), чернобыльский след, выявляемый по лишайникам, остается весьма заметным до сих пор.

#### *Накопление $^{137}\text{Cs}$ в лесных ягодах*

Лесные ягоды составляют значительную долю в рационе многих северных народов. Однако следует иметь в виду, что некоторые из северных ягод, особенно принадлежащих семейству брусничных (брусника, черника, голубика, клюква), обладают способностью к избирательному накоплению радиоцезия [20]. Ягоды и зеленые веточки черники или других ягодных кустарничков являются также важными кормовыми источниками для боровой дичи (птиц) и копытных — объектов охоты (лосей, косуль и др.).

Результаты измерений удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в высушенных ягодах приведены в таблице 5. В большинстве проб брусники и черники содержание радионуклида оказалось сравнительно небольшим, вблизи значения  $\sim 10$  Бк/кг (основной диапазон — 7–12, крайнее значение — 46). Это существенно ниже допустимого уровня содержания  $^{137}\text{Cs}$  в дикорастущих ягодах, установленных Санитарными правилами и нормами СанПиН 2.3.2.1078-01 — 800 Бк/кг по сухой массе. Также небольшими по величине определены значения коэффициентов накопления в ягодах: для 5 проб, пригодных для расчетов Кн, среднее составило 0,29 (SD = 0,17). К сожалению, в исследование не попала такая важная для жителей Севера ягода, как клюква, по причине позднего сезона сбора. Другая популярная ягода, морошка, вряд ли представляет существенное значение с рассматриваемой точки зрения, так как не относится к семейству брусничных (вересковых) — признанных накопителей радиоцезия. Морошка входит в семейство розоцветных, ряд ягод из которого (земляника, малина, рябина) существенно уступают брусничным по накоплению  $^{137}\text{Cs}$  [20].

## Сводка результатов по лесным ягодам

№ п/п	Место отбора проб	Год	Ягоды высушенные	Удельная активность $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг
3	Васьково (Приморский р-н)	2012 2010 2011 2012	Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i> Черника <i>Vaccinium myrtillus</i> Черника Черника	$10,3 \pm 1,1$ $7,7 \pm 1,4$ $10 \pm 3$ $7,2 \pm 0,8$
8	Верховье (Плесецкий р-н)	2012	Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i> Черника <i>Vaccinium myrtillus</i>	$9,3 \pm 1,5$ $6,9 \pm 0,6$
9	Брин-Наволоок (Холмогорск. р-н)	2012	Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i> Черника <i>Vaccinium myrtillus</i>	$12 \pm 2$ $3 \pm 3$
10	Большая Товра (Холмогорск. р-н)	2013	Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	$11,8 \pm 1,0$
14	Конецгорье (Виноградовск. р-н)	2013	Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i> Черника <i>Vaccinium myrtillus</i>	$4,5 \pm 1,5$ $13 \pm 4$
15	Березничек (Виноградовск. р-н)	2013	Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	$46 \pm 16$
19	Каргополь (Каргопольск. р-н)	2013	Костяника <i>Rubus saxatilis</i>	$10,2 \pm 0,4$
22	Березовка (Красноборск. р-н)	2013	Брусника <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	$29 \pm 1$

Т а б л и ц а 6

Коэффициенты накопления  $^{137}\text{Cs}$  в лесных ягодах

Вид	Точка отбора проб	Удельная активность, Бк/кг сухой массы		Кн = $a_{\text{раст}}/a_{\text{почв}}$
		$a_{\text{раст}}$	$a_{\text{почв}}$	
Брусника Черника	9 (Брин-Наволоок)	$12 \pm 2$ $3 \pm 3$	$36 \pm 3$	0,33 0,08
Брусника Черника	14 (Конецгорье)	$4,5 \pm 1,5$ $13 \pm 4$	$29 \pm 3$	0,16 0,45
Брусника	22 (Березовка)	$29 \pm 1$	$65,9 \pm 1,4$	0,44

Накопление  $^{137}\text{Cs}$  в грибах

Типичный состав грибных сборов включал в себя белые, подосиновики (красноголовики), подберезовики (обабки), моховики, маслята и лисички. Данные по загрязнению грибов радиоцезием приведены по 14 пробам, взятым в разных точках и в разные годы (табл. 7). Основная часть полученных значений заключена в диа-

## Сводка результатов по грибам

№ п/п	Место отбора проб	Год	Грибы высушенные	Удельная акт-сть <sup>137</sup> Cs, Бк/кг
2	О-в Мудьюгский (Приморский р-н)	2010	Грибы разные	90 ± 20
3	Васьково (Приморский р-н)	2009 2010	Грибы разные Грибы разные	90 ± 4 90 ± 5
6	Пинега (Пинежский р-н)	2011	Грибы разные	47 ± 2
8	Верховье (Плесецкий р-н)	2012	Грибы разные	126 ± 5
9	Брин-Наволоч (Холмогорск. р-н)	2012	Грибы разные	57 ± 13
13	Плесецк (Плесецкий р-н)	2012	Грибы подосиновики <i>Leccinum aurantiacum</i>	28,2 ± 0,8
14	Конецгорье (Виноградовск.р-н)	2013	Грибы разные	18,0 ± 0,5
16	Шенкурск (Шенкурский р-н)	2011	Грибы разные (шл — шляпки, н — ножки)	шл 42 ± 2 н 22 ± 4
19	Каргополь (Каргопольск. р-н)	2013	Грибы маслята <i>Suillus luteus</i>	38
20	Долматово (Вельский р-н)	2010 2011	Грибы разные Грибы разные	368 ± 28 43 ± 2
21	Бестужево (Устьянский р-н)	2011	Грибы разные	58 ± 25
22	Березовка (Красноборск. р-н)	2013	Грибы лисички <i>Cantharellus cibarius</i>	134
23	Окунев Нос (Коми)	2012	Грибы белые <i>Boletus edulis</i>	39 ± 1

пазоне от 28 до 134 Бк/кг, т.е. явно выше, чем в других биообъектах. Максимальное значение отмечено в точке 20 (Вельский район) — 368 Бк/кг. По-видимому, это связано с местным загрязнением почвы, хотя прямых определений <sup>137</sup>Cs в почве здесь не производилось.

Максимальное значение в грибах получено в 2010 г., но уже в следующем, 2011 г., взятая там же (или совсем рядом) проба дала значительно меньшую активность. По данным литературы, различия в удельной активности, связанные с погодными условиями и сезонной динамикой роста грибов, могут быть весьма значительными. В публикации [22] содержание <sup>137</sup>Cs в грибах, собранных осенью, найдено в 2,5–7,1 раз более высоким, чем для грибов, собранных там же и в том же году, но в июле. По данным [9], содержание <sup>137</sup>Cs в грибах одного вида может варьировать в пределах до 10 раз. Авторы отмеченных исследований связывают это не только

с распределением дождей по сезону, но и с физиологическими особенностями роста мицелия (скачкообразным ростом мицелия в сентябре-октябре и, возможно, с усилением осенью поступления радионуклида через микоризу древесных растений).

Показатель Кн удалось рассчитать только в 4 случаях (табл. 8). Они дали среднее значение  $1,35 \pm 0,59$  (SD), т.е. значительно выше, чем для других биообъектов. Биологическое накопление  $^{137}\text{Cs}$  в съедобных грибах оказалось в среднем в 2,1 раза выше, чем во мхах, в 4,5 раза выше, чем в лишайниках, и в 4,7 раза выше, чем в ягодах.

Т а б л и ц а 8

**Коэффициенты накопления  $^{137}\text{Cs}$  в грибах**

Вид	Точка отбора проб	Удельная активность, Бк/кг сухой массы		Кн = $a_{\text{раст}}/a_{\text{почв}}$
		$a_{\text{раст}}$	$a_{\text{почв}}$	
Грибы разные	6 (Пинега)	$47 \pm 2$	$40 \pm 4$	1,18
Грибы разные	9 (Брин-Наволок)	$57 \pm 13$	$36 \pm 3$	1,58
Грибы разные	14 (Конецгорье)	$18,0 \pm 0,5$	$29 \pm 3$	0,62
Грибы лисички	22 (Березовка)	134	$65,9 \pm 1,4$	2,0

Полученные данные свидетельствуют о том, что плодовые тела грибов-базидиомицетов могут служить еще более удобными и эффективными тест-объектами для биоиндикации радиоактивного загрязнения местности, чем лишайники и мхи. Это связано с высокой избирательностью накопления именно этого радионуклида,  $^{137}\text{Cs}$ , в большинстве наиболее распространенных видов грибов.

В многолетней динамике после Чернобыльской аварии условия накопления  $^{137}\text{Cs}$  стали особенно благоприятными для симбиотрофных грибов, образующих микоризу с корневыми системами древесных [10, 23], а это наиболее распространенные на Севере виды грибов-базидиомицетов: подосиновики, подберезовики, моховики, белые.

В заключение подчеркнем, что выявление несколько повышенных концентраций  $^{137}\text{Cs}$  в грибах в ряде районов Архангельской области ни в коем случае не должно рассматриваться как свидетельство экологически (или биологически) значимого загрязнения. Концентрации эти столь низки и так далеки от установленных допустимых уровней, что никакой опасности для человека представлять не могут. Речь идет скорее о научном изучении потенциально негативных процессов, их интенсивности и направленности, причем в условиях, когда они еще не достигли более или менее опасных (в радиологическом смысле) уровней.

**Выводы**

1. По результатам выборочного обследования в 12 районах Архангельской области установлено, что современное содержание техногенного радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в лесных почвах области в общем невелико, но все же несколько превышает региональный уровень глобального загрязнения (последний обусловлен выпадениями



из стратосферы после испытаний термоядерного оружия в конце 1950-х — начале 1960-х гг.).

2. Сравнение результатов и анализ доступной информации привели к выводу, что наиболее вероятными источниками дополнительного загрязнения в отдельных частях Архангельской области явились: (1) атмосферные испытания ядерного оружия на Новоземельском полигоне; (2) один из факелов чернобыльского происхождения, проходивший по территории области от районов Заонежья и далее в восточном направлении; (3) для южных районов Архангельской области некоторую роль сыграл еще один факел, траектория которого проходила через Ленинградскую область и заканчивалась на севере Вологодской области.

3. В наблюдениях на склоновых ландшафтах показаны проявления процессов эрозионного вымывания  $^{137}\text{Cs}$  с участков, расположенных на возвышениях, и переложения его вниз по склону, и особенно — в пониженных элементах ландшафта.

4. Наибольшее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в объектах напочвенного покрова обнаружено в грибах-базидиомицитах; далее, в порядке снижения удельной активности, следуют мхи, лишайники и лесные ягоды. Загрязненность лесных ягод (брусники и черники) оказалась в среднем в 5 раз ниже по сравнению с грибами.

5. Ко времени, далеко отстоящему от момента первичных выпадений, для биоиндикации радионуклидного загрязнения в таежных экосистемах в качестве тест-объекта более подходят грибы-базидиомицеты, а не мхи и лишайники, как это было ранее. Однако при этом следует учитывать большие вариации содержания  $^{137}\text{Cs}$  в плодовых телах грибов, связанные с различиями погодных условий и сезонной динамикой роста грибов. Последнее обстоятельство, безусловно, несколько осложняет осуществление мониторинга загрязнений.

### Библиографический список

1. *Баженов А.В.* Цезий-137 в почвах Архангельской области: Автореф. дисс. ...канд. геол.-минер. н. М.: Ин-т геоэкологии РАН, 2001. 24 с.
2. *Болтнева Л.И., Израиль Ю.А., Ионов В.А., Назаров И.М.* Глобальное загрязнение  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  и дозы внешнего облучения на территории СССР // *Атомная энергия*, 1977. Т. 42. Вып. 5. С. 355–360.
3. *Борзилов В.А., Клепикова Н.В., Костриков А.А. и др.* Метеорологические условия дальнего переноса радиоактивных продуктов аварии на Чернобыльской атомной электростанции // *Метеорология и гидрология*. 1989. № 11. С. 5–13.
4. *Борисенко Е.Н., Величкин В.И., Воробьева Т.А. и др.* Эколого-геохимическое районирование севера Европейской территории России // *Докл. АН*, 2007. Т. 414. № 5. С. 1–3.
5. *Бязров Л.Г.* Лишайники — индикаторы радиоактивного загрязнения. М.: КМК, 2005. 480 с.
6. *Воробьева Т.А., Евсеев А.В.* Об эколого-радиохимическом районировании северных регионов Европейской территории России // *Геохимия ландшафтов и география почв: Докл. Всерос. научн. конф.* М.: РФФИ, 2012. С. 81–82.
7. *Геннадиев А.Н., Кошовский Т.С., Жидкин А.П., Ковач Р.Г.* Латеральная миграция твердофазного вещества почв в пределах ландшафтно-геохимической арены (метод магнитного трассера) // *Почвоведение*. 2013. № 10. С. 1155–1166.
8. *Голосов В.Н., Маркелов М.В., Беляев В.Р., Жукова О.М.* Проблемы определения пространственной неоднородности выпадений  $^{137}\text{Cs}$  для оценки темпов эрозионно-аккумулятивных процессов // *Метеорология и гидрология*. 2008. № 4. С. 30–45.

9. Зарубина Н.Е. 20-летняя динамика содержания аварийных радионуклидов в грибах на территории 30-км зоны ЧАЭС и Киевской обл / Twenty years after Chernobyl accident. Kyiv, 2006. P. 312–316.

10. Иванов А.И., Плотников М.А. К вопросу о накоплении искусственных радиоактивных элементов ( $^{137}\text{Cs}$  и  $^{241}\text{Am}$ ) базидиальными макромицетами различных трофических групп // Изучение грибов в биоценозах: Сб. материалов V Междунар. конф. Пермь, 2009. С. 91–93.

11. Квасникова Е.В., Стукин Е.Д., Голосов В.Н. Неравномерность загрязнения цезием-137 территорий, расположенных на большом расстоянии от Чернобыльской АЭС // Метеорология и гидрология. 1999. № 2. С. 5–11.

12. Киселев Г.П., Баженов А.В., Крячюнас В.В. и др. О радиоактивности окружающей среды Архангельского промышленного района // Экология человека. 2006. № 2. С. 3–6.

13. Коробова Е.М. Закономерности распределения радионуклидов цезия и стронция в почвенно-растительном покрове ландшафтов, загрязненных после аварии на Чернобыльской АЭС // Геохимия природных и техногенно измененных биосистем. М.: Научный мир, 2006. С. 249–277.

14. Логачев В.А. Возможные дозы облучения населения на территории Российской Федерации вследствие проведения ядерных испытаний на Северном полигоне // Новая Земля. Природа, история, археология, культура. Тр. Морской арктической комплексной экспедиции. М., 1998. С. 240–249.

15. Лурье А.А., Торшин С.П., Родионов Б.С. Современное состояние накопления  $^{137}\text{Cs}$  в луговой растительности среднедальней зоны чернобыльских выпадений (Рязанская и Тульская области) // Известия ТСХА. 2009. № 5. С. 19–25.

16. Лурье А.А., Таллер Е.Б., Торшин С.П. Об определении в почвах малых и ультрамалых содержаний  $^{137}\text{Cs}$  g17. Махонько К.П., Работнова Ф.А., Волокитин А.А. Оценка загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  на территории СССР в 1988 г. // Атомная энергия, 1990. Т. 68. Вып. 4. С. 262–264.

18. Международный Чернобыльский проект. Оценка радиологических последствий и защитных мер: Доклад Междунар. консульт. комитета. М.: ИздАТ, 1991. 96 с.

19. Нифонтова М.Г. Лихено- и бриоиндикации радиоактивного загрязнения среды: Автореф. дисс. ... д-ра биол.н. (в виде доклада). Пермь: ПГУ, 2003. 50 с.

20. Переволоцкий А.Н., Переволоцкая Т.В. Оценка накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  ягодами черники и земляники в различных типах условий местопроизрастания // Сб. научн. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. 2010. Вып. 70. С. 479–491.

21. Петербургский загородный портал: [http://problemworld.ucoz.ru/blog/radioaktivnoe\\_zagraznenie\\_leningradskoj\\_oblasti/2012](http://problemworld.ucoz.ru/blog/radioaktivnoe_zagraznenie_leningradskoj_oblasti/2012) (+ 2015).

22. Фесенко С.В., Санжарова Н.И., Спиридонов С.И. и др. Анализ факторов, определяющих биологическую доступность  $^{137}\text{Cs}$  в почвах лесных экосистем // Радиационная биология. Радиоэкология. 2002. Т. 42. № 4. С. 448–456.

23. Цветнова О.Б., Щеглов А.И. Аккумуляция  $^{137}\text{Cs}$  высшими грибами и их роль в биогеохимической миграции нуклида в лесных экосистемах // Вестн. МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 1996. № 4. С. 59–69.

24. Экологический сайт Архангельской области: [http://eco29.ru/Monitoring\\_files/radiation\\_situation/Radiation\\_situation\\_2011](http://eco29.ru/Monitoring_files/radiation_situation/Radiation_situation_2011).

25. Юдахин Ф.Н., Баженов А.В., Киселев Г.П. Закономерности распределения радиоцезия в почвах Архангельской области // Север: Экология: Сб. науч. трудов. Екатеринбург, 2000. С. 7–18.

26. Persson C., Rodhe H., De Geer L.-E. The Chernobyl accident — A meteorological analysis of how radionuclides reached and were deposited in Sweden // Ambio, 1987. Vol. 16. № 1. P. 20–31.

# ECOLOGICAL EVALUATION OF $^{137}\text{Cs}$ CONTENTS IN SOILS AND SOME BIOLOGICAL OBJECTS IN FORESTS OF THE ARKHANGELSK REGION

A.A. LURIE, M.S. KUBASOVA

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

*The examination of soil and soil surface vegetation in some areas of the Arkhangelsk region was performed. Content of  $^{137}\text{Cs}$  in the top layer of the forest soil was slightly higher than the regional level of total natural pollution. The highest levels of  $^{137}\text{Cs}$  concentration were revealed in mushrooms where they varied from 20-40 to 90-120 Bq/kg, achieving 370 Bq/kg in some southern areas of the region. In lichens and mosses  $^{137}\text{Cs}$  concentration was a somewhat lower compared to mushrooms. The lowest contamination was noted in forest berries (cranberries and blueberries).*

*According to the compiled data it could be concluded that atmospheric nuclear weapons testing at the Novaya Zemlya test site, carried out in the early 60-s, is more likely to be the main source of radioactive contamination of natural objects in the Arkhangelsk region. Moreover, in 1986 radioactive fallout from Chernobyl worsened the situation in some areas as well.*

*Key words: radiocesium ( $^{137}\text{Cs}$ ), radioactive pollution, forest soils, mosses, lichens, forest berries, mushrooms - basidiomycetes, bio-indication of radionuclide pollution, Arkhangelsk region.*

**Лурье Александр Александрович** — д. б. н., проф. кафедры агрономической и биологической химии, радиологии и БЖД РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 153-71-57; e-mail: alexlurie@inbox.ru).

**Кубасова Мария Сергеевна** — маг. кафедры агрономической и биологической химии, радиологии и БЖД РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (962) 368-93-58; e-mail: kbasovamascha@yandex.ru).

**Lurie Aleksandr Aleksandrovich** — Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Agronomical, Biological Chemistry, Radiology and Safety of Living, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (499) 153-71-57; e-mail: alexlurie@inbox.ru).

**Kubasova Maria Sergeevna** — Master-student of the Department of Agronomical, Biological Chemistry, Radiology and Safety of Living, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; tel.: +7 (962) 368-93-58; e-mail: kbasovamascha@yandex.ru).