

Национальные сообщения:

ШВЕЦИЯ

Дозиметрический контроль за радиоактивными выпадениями

Микаэл Йенсен и Джон-Кристер Линдхе

В Швеции радиоактивные выпадения, вызванные аварией на Чернобыльской АЭС в Советском Союзе, впервые были зарегистрированы 28 апреля, когда было обнаружено повышенное радиоактивное загрязнение персонала утренней смены АЭС Форсмарк, проходившего дозиметрический контроль на стационарном аэроном устройстве. Проверка радиоактивного загрязнения поверхности земли в районе станции также показала наличие повышенных уровней.

Персонал станции был частично эвакуирован с территории АЭС, однако вскоре обнаружилось, что повышенные уровни радиоактивности зарегистрированы на всем восточном побережье Швеции. Первые измерения, проведенные Шведским Национальным институтом оборонных исследований (FOA), показали, что причиной радиоактивного выброса является скорее всего авария на ядерном реакторе, а не испытание атомной бомбы в атмосфере. Шведский Институт метеорологии и гидрологии проводит автоматические расчеты направлений движения воздушных масс и ежедневно сообщает полученные результаты в FOA. В то утро расчеты показали, что источник нужно искать где-то в Литве, Белоруссии и Украине. Сперва подозрение пало на крупную Игналинскую АЭС в Литве, которая расположена значительно ближе к границе, чем Чернобыльская АЭС.

Г-да Йенсен и Линдхе — сотрудники Шведского Национального института радиационной защиты (SSI) в Стокгольме.

Радиационные измерения (мкР/ч у поверхности земли), проводившиеся в Швеции с 1 по 8 мая 1986 г., показали наличие самых высоких уровней в районе города Гёвель (средний уровень загрязнения больших площадей равнялся и даже превышал 400 мкР/ч). На отдельных небольших участках, где в понедельник 28 апреля и во вторник утром 29 апреля выпали дождевые осадки, этот уровень превышал 1000 мкР/ч.

Принятые контрмеры

Шведский Национальный институт радиационной защиты (SSI) сначала порекомендовал воздержаться от употребления дождевой воды, собранной на открытой поверхности, а также некоторые другие незначительные ограничения. Однако вскоре стало ясно, что единственной необходимой мерой предосторожности в то время являлось содержание коров в коровниках в тех районах, где уровень радиоактивного загрязнения травы цезием превышал 1 кБк/м² (это примерно соответствует общему радиоактивному загрязнению поверхности земли в 3 кБк/м²). Измерение молока на специально выбранных для проверки фермах, где коровы паслись на пастби-

Радиоактивные осадки на почве в четырех районах Швеции (килобеккерели на квадратный метр)

Радионуклид	Стокгольм	Халлстёхам-мар	Тернсио	Худиксвалль
цирконий-95	1,5	0,7	1,0	0,2
ниобий-95	1,4	0,8	1,4	0,2
молибден-99	0,8	1,3	4,4	1,2
рутений-103	1,0	2,1	7,7	2,2
йод-131	6,7	50	170	27
теллур-132	1,6	22	210	13
цезий-134	0,2	6,5	24	6,5
цезий-137	0,3	8,2	32	5,7
барий-140	2,0	10	36	9,0
лантан-140	1,8	7,8	23	6,6
нептуний-237	5,0	2,0	—	2,0
Мощность дозы (мкЗв/ч)	0,1	1	5	0,8

Примечание. В таблице приведены предварительные результаты измерений в районах с относительно высокими уровнями радиоактивного загрязнения.

В Стокгольме измерения проводились на лужайке перед лабораторией (сухие выпадения); в Халлстёхаммаре — на открытой местности у опушки леса; в Тернсио — на пашне в месте выпадения интенсивных дождевых осадков; в Худиксвалле — на мокрой взлетной полосе.

О данной статье ...

Данная статья — это первая попытка дать общее описание рекомендаций шведского Национального института радиационной защиты (SSI), а также измерений, проведенных шведскими властями и многими организациями после аварии на Чернобыльской АЭС.

Большую роль в проведении раннего картирования радиоактивных выпадений и подробного анализа их состава сыграли ресурсы двух организаций: сеть наземных станций для отбора проб воздуха у поверхности земли, которыми руководит Шведский Национальный институт оборонных исследований (FOA) и большие аналитические возможности лаборатории по обнаружению радиоактивности. Эта лаборатория с помощью BBC также проводила отбор проб воздуха на большой высоте. Кроме того, группа гамма-контроля *in situ* облетала всю страну на вертолетах морской авиации, проводя на начальном этапе надежные и тщательные измерения радиоактивных осадков.

Особенно большую помощь в измерении выпадений радиоактивных осадков на землю оказали станции дозиметрического контроля SSI, расположенные по всей Швеции, а также использование большой сцинтилляционной детекторной системы Шведской геологической компании (SGAB), которую перевозили по воздуху во все концы страны. Такое объединение усилий позволило получить достоверную общую картину радиационной ситуации в стране.

Измерения также проводились и другими организациями, не входящими в вышеупомянутую систему, например, лабораториями шведских АЭС и университетов.

У SSI не было времени для тщательного изучения всех данных, кроме того, мы не можем гарантировать, что организации, отвечавшие за проведение измерений, результаты которых были сообщены в SSI, имели достаточно времени для оценки и двойной проверки своих данных. Подробные результаты и описание условий измерений будут опубликованы позднее.

Щах с высоким содержанием цезия в траве, показали, что эта оценка была слишком консервативна, т.к. она была намного ниже допустимого уровня содержания цезия в молоке и пищевых продуктах — 300 Бк/л. Кроме того, было обнаружено, что содержание цезия в молодой подрастающей траве уменьшается. Постепенно ограничения были сняты, и с 25 июня коровы снова могли свободно пастись по всей Швеции.

Однако многое еще нужно сделать. Кроме того, уровень радиоактивности мяса диких животных и северных оленей (заготовка которого в основном начинается осенью) может превышать установленный предел.

Было также установлено, что обычные производственные санитарные процедуры в основном отвечали требованиям радиационной защиты. Примером могут служить стандартные меры защиты от пыли, принимаемые при смене больших промышленных воздушных фильтров.

Дозиметрический контроль воздуха

FOA с помощью наземных станций непрерывно проводит измерения содержания радионуклидов в воздухе, используя для этого принудительную вентиляцию воздуха через стекловолоконные фильтры, а также самолеты, оборудованные воздушными фильтрами*.

После аварии на Чернобыльской АЭС фильтры, расположенные на поверхности земли, стали менять чаще, чем обычно — каждые 3 ч. FOA и BBC ежедневно анализировали концентрацию радионуклидов на высоте 100–800 м по маршруту предполагаемого движения радиоактивного облака.

В пробах воздуха, взятых у поверхности земли, содержался йод-131 и некоторые другие радионуклиды. Максимальное содержание радиоактивного йода в фильтрах в районе Стокгольма достигло 10 Бк/м³**.

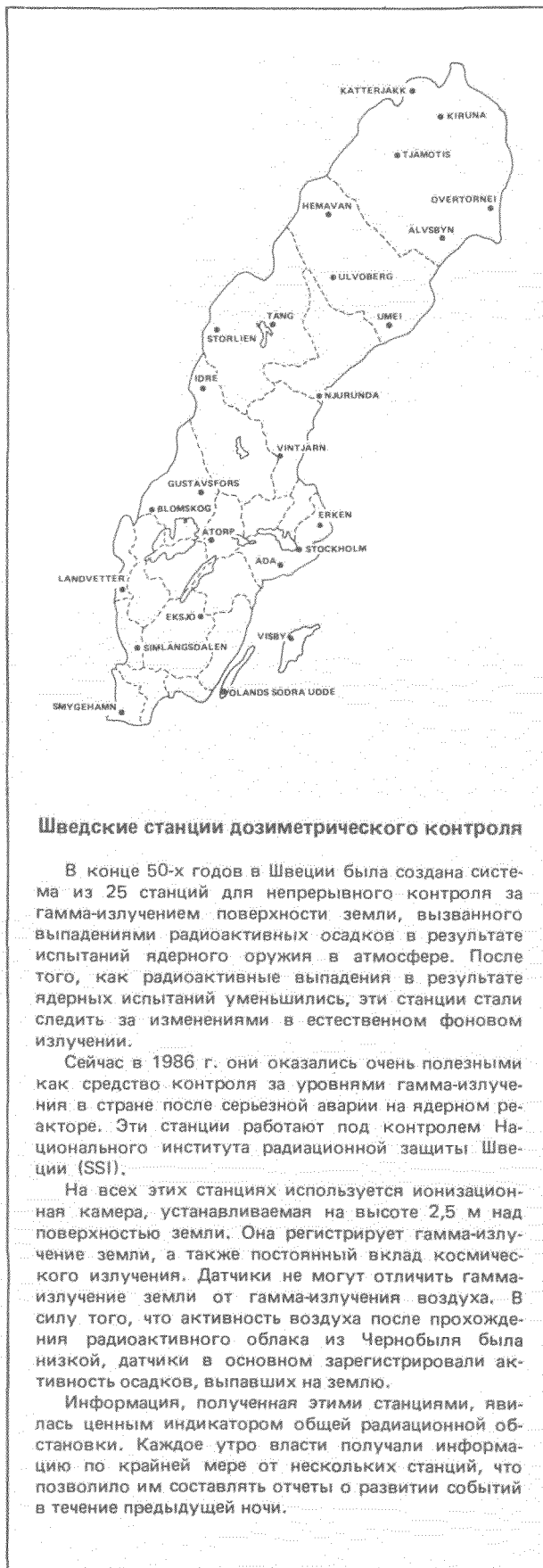
Для идентификации частиц была проведена радиоавтография различных частей фильтров. Гамма-спектроскопическое исследование таких идентифицированных частиц подтвердило наличие ожидавшегося увеличения количества накапливаемых элементов, например, церия, рутения, циркония и некоторых других. Применение простых гамма-датчиков для обнаружения отдельных горячих частиц на поверхности земли показало, что излучение в основном определяется содержанием в них радионуклидов рутения и молибдена.

Исследования, проводившиеся с помощью самолетов

Шведская Геологическая компания также проводила измерения на высоте 150 м, используя для этих целей самолет. Результаты измерений были использованы для составления первой общей картины, которую позднее дополнила информация, полученная при отборе проб травы, и гамма-спектроскопические измерения, проводившиеся мобильными патрулями. (Такие исследования также считаются необходимыми при планировании чрезвычайных защитных мер на случай аварий на шведском реакторе. Делается это периодически в течение нескольких дней после аварии). На самолете установлено гамма-спектроскопическое оборудование, которое может применяться для описания распределения отдельных гамма-излучающих нуклидов.

* Более подробную информацию можно найти в статье „Шведская система дозиметрического контроля для обнаружения радиоактивных частиц в воздухе“, журнал *IEEE Transactions on Nuclear Science*, т. NS-29, № 1 (февраль 1982).

** При расчете доз во время проведения таких измерений нужно использовать соответствующий коэффициент, применяемый для определения содержания радиоактивного йода, проходящего через фильтр. Сравнение с другими измерениями показало, что такой коэффициент, возможно, должен равняться 3, но не превышать 5. (Полученное значение будет соответствовать максимальной концентрации йода-131 в районе Стокгольма: $3 \times 10^3 = 30 \text{ Бк/м}^3$).



Шведские станции дозиметрического контроля

В конце 50-х годов в Швеции была создана система из 25 станций для непрерывного контроля за гамма-излучением поверхности земли, вызванного выпадениями радиоактивных осадков в результате испытаний ядерного оружия в атмосфере. После того, как радиоактивные выпадения в результате ядерных испытаний уменьшились, эти станции стали следить за изменениями в естественном фоновом излучении.

Сейчас в 1986 г. они оказались очень полезными как средство контроля за уровнями гамма-излучения в стране после серьезной аварии на ядерном реакторе. Эти станции работают под контролем Национального института радиационной защиты Швеции (SSI).

На всех этих станциях используется ионизационная камера, устанавливаемая на высоте 2,5 м над поверхностью земли. Она регистрирует гамма-излучение земли, а также постоянный вклад космического излучения. Датчики не могут отличить гамма-излучение земли от гамма-излучения воздуха. В силу того, что активность воздуха после прохождения радиоактивного облака из Чернобыля была низкой, датчики в основном зарегистрировали активность осадков, выпавших на землю.

Информация, полученная этими станциями, являлась ценным индикатором общей радиационной обстановки. Каждое утро власти получали информацию по крайней мере от нескольких станций, что позволило им составлять отчеты о развитии событий в течение предыдущей ночи.

Измерения на местах

FOA с помощью своей лаборатории в Стокгольме проводил непрерывные измерения *in situ* (используя для этого германиевые счетчики с высокой разрешающей способностью, устанавливаемые на высоте 1 м над поверхностью земли и направленные вниз), а также используя свои мобильные группы в целом ряде мест, расположенных между городами Мальмё и Рудиксвалё (см. прилагаемую таблицу).

Вечером 28 апреля с помощью мобильных групп спектроскопического анализа были проведены измерения радиоактивного облака над Балтийским морем. Позднее, ночью, произошло вымывание дождем радиоактивности из этого облака, что обусловило высокие уровни мокрых радиоактивных выпадений в районах к югу от Гёвеля*.

Измерения радиоактивности травы

После принятия решения, рекомендовавшего держать домашний скот в коровниках до установления приемлемых уровней радиоактивного загрязнения, возникла необходимость проводить измерения проб травы. Для йода-131 этот уровень равнялся 10 кБк/м^2 (что примерно соответствует его концентрации в молоке — 2 кБк/л). Взятые пробы травы анализировались в лабораториях шведских АЭС, Лундского и Уппсальского университетов, а также фирмы „Studsvik Energiteknik AB”.

Вода и пищевые продукты

Как правило, при дозиметрическом контроле воды и пищевых продуктов в центре внимания находятся относительно короткоживущий йод-131 и долгоживущие цезий-137 и стронций-90.

С 1962 г. SSI осуществляет дозиметрический контроль за уровнем радиоактивности молока на фермах. После Чернобыльской аварии программу отбора проб расширили, и с 29 апреля ежедневные пробы молока начали поступать из 11 основных районов. Спустя несколько дней (2 мая) программа была еще больше расширена и ежедневные пробы молока отбирались на 42 шведских молочных фермах. После стабилизации радиационной обстановки масштабы такого широкого дозиметрического контроля будут сокращены, однако контроль за содержанием долгоживущих изотопов сохранится в течение

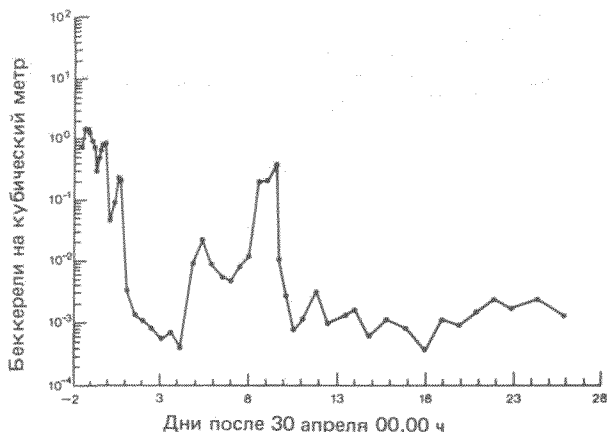
* Нуклидный состав этого облака и его мокрых выпадений отличался от состава сухих радиоактивных выпадений. Наиболее важным является 5-кратное увеличение соотношения теллур-132/йод-131 в мокрых выпадениях. В силу того, что период полураспада теллура довольно небольшой (3,25 дня), уровень радиоактивности зон с высокой плотностью мокрых радиоактивных выпадений снижается быстрее, чем уровень радиоактивного загрязнения районов с низкой плотностью сухих выпадений.

ние еще некоторого времени. Концентрация йода-131 в молоке шведских ферм в период с 28 апреля по 7 мая составляла примерно 20 Бк/л, и только в одном районе было зарегистрировано самое высокое содержание — около 200 Бк/л.

В дополнение к национальной программе тщательный дозиметрический контроль молока осуществлялся в районе (Готланд), где были зарегистрированы самые высокие уровни гамма-излучения.

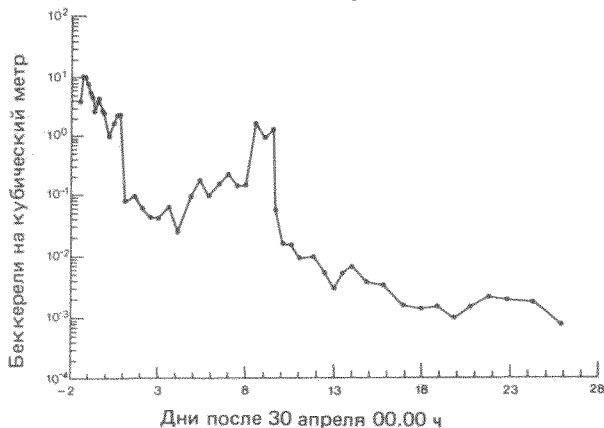
В конце апреля большинство дойных коров не выпускались из коровников, однако 2 мая в стране началось осуществление ограниченной программы отбора проб, которая охватила фермы, где скот выпускали из коровников на пастбища. В тот же день персонал аварийного дозиметрического контроля крупных молочных ферм был приведен в состояние повышенной готовности.

Активность цезия-137 в воздухе в районе Стокгольма



На данных графиках показаны изменения в активности фильтров (без поправки на эффективность фильтра) в течение первых двух недель после того, как радиоактивное облако достигло территории Швеции.

Активность йода-131 в воздухе в районе Стокгольма



Проводились измерения и материнского молока. В районе Стокгольма в пробах, взятых в период между 27 апреля и 4 мая, как и ожидалось, были зарегистрированы низкие уровни концентрации йода-131 (8–25 Бк/л).

SSI проводил измерения и оценки содержания йода-131 в щитовидной железе работников института и других жителей Стокгольма. Уровни содержания колебались от нескольких беккерелей до 100–200 Бк. Позднее в различных госпиталях Швеции были проведены аналогичные измерения, результаты которых были такими же низкими.

Участие шведских властей

Шведский Национальный институт радиационной защиты (SSI) является координирующим органом на случай широкомасштабных выпадений радиоактивных осадков в мирное время. До событий на Чернобыльской АЭС SSI координировал проведение подготовительных мер в двух случаях возвращения в плотные слои атмосферы спутников с ядерными энергетическими установками.

Вид сотрудничества с другими организациями зависит от степени грозящей опасности. В серьезной ситуации шведским советам 25 графств будут предоставлены широкие полномочия для координации защитных мер на уровне своих регионов. После аварии на Чернобыльской АЭС прибегать к такой мере посчитали нецелесообразным, однако о ней помнили как о запасном варианте. Советы графств регулярно получали информацию о ходе событий.

Кроме SSI в событиях принимал участие целый ряд центральных организаций и учреждений:

- FOA — Шведский Национальный институт оборонных исследований (планирование мер, оценка результатов и измерений)
- SKI — Ядерно-энергетический инспекторат (обстановка на реакторах)
- SMHI — Шведский Институт метеорологии и гидрологии (прогноз погоды)
- LBS — Шведский Совет по сельскому хозяйству (с/х вопросы)
- SLV — Шведское Национальное управление пищевых продуктов (контроль за пищевыми продуктами)
- SOS — Национальный совет здравоохранения и социального обеспечения (таблетки йодистого кальция, информация для медицинского персонала и местных организаций здравоохранения)
- RPS — Национальный совет полиции Швеции
- Организации, отвечающие за железнодорожные, автомобильные, морские и воздушные перевозки
- Министерство обороны Швеции: управления ВВС, ВМС и сухопутных сил

Кроме того, в осуществлении дозиметрического контроля приняли участие большое количество научно-исследовательских институтов и коммерческих компаний.

Информация поступила во многие шведские посольства за рубежом. Поддерживался контакт с такими международными организациями, как, например, МАГАТЭ, ВОЗ, ОЭСР, АЯЭ и Международная комиссия по радиологической защите. Поддерживались двусторонние контакты с государственными организациями 20 стран.