



UA0100172



АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

Препринт КИЯИ-99-3

А.П.Трофименко, Ж.И.Писанко, О.М.Куправа

ТЕХНИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ,
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ РАБОТ,
ВЫПОЛНЕННЫХ В МИРЕ ЗА 1986 - 1997 ГГ. В СВЯЗИ
С ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИЕЙ

32 / 19

Киев 1999

Технические, социально-экономические, радиоэкологические и медицинские аспекты работ, выполненных в мире за 1986 - 1997 гг. в связи с Чернобыльской аварией /Трофименко А.П., Писанко Ж.И., Куправа О.М. - Киев, 1999. - 16 с. - (Препр./НАН Украины. Ин-т ядерных исслед.; КИЯИ-99-3).

Рассмотрены различные аспекты выполненных в мире работ за 1986 - 1997 гг., посвященных исследованию причин и последствий Чернобыльской аварии. Найденные основные направления проводившихся исследований и количественно оценена роль каждого из них. Для этой цели использован новый метод анализа данных информационной системы ИНИС, который дал возможность найти тематику выполненных работ и дать их общую характеристику. Проведен анализ содержания некоторых из найденных публикаций, что дало возможность дать их качественное описание.

Полученные результаты могут быть использованы специалистами, работающими над конкретными проблемами смягчения последствий Чернобыльской аварии при определении того, на какие вопросы следует обращать особое внимание, а также при планировании и проведении новых работ.

Табл. 9. Список лит.: с. 15 (10 назв.).

Рецензент В.Н.Павлович.

Technical, socio-economic, radioecological and medical aspects of works in the World during 1986 - 1997 which are connected with the Chernobyl accident /Trofimenko A.P., Pysanko Zh.I., Kuprava O.M. - Kyiv, 1999. - 16 p. - (Prepr./National Academy of Sciences of Ukraine. Institute for Nuclear Research; KINR-99-3).

Technical, social, radioecological and medical aspects of works in the World during the years 1986 - 1997 in which causes and different aspects of Chernobyl accident were studied, are considered. Main directions of these works were found and the role each of them was quantitatively evaluated. A new method of INIS database analysis was used for this purpose. It permits to find the subject fields of research and to give their general characteristics. An analysis of the topical content of some publications permitted to describe qualitatively their results.

The obtained information can be used by the specialists who are dealing with the problems of Chernobyl accident mitigation, in finding the most important directions of work in this field, and in planning and realization of new research.

9 tabs., 10 refs.

Утверждено к печати ученым советом
Института ядерных исследований НАН Украины:

© А.П.Трофименко, Ж.И.Писанко, О.М.Куправа, 1999

Предпринята попытка оценить различные аспекты работ, выполненных в разных странах и посвященных анализу последствий Чернобыльской аварии, на основании анализа базы данных Международной системы ядерной информации (ИНИС). Использован новый, разработанный в Институте ядерных исследований ИАН Украины метод анализа тематики публикаций, основанный на учете частоты встречаемости различных ключевых слов (дескрипторов) в работах, где исследовались причины и последствия Чернобыльской катастрофы. Сделано допущение, что чем чаще встречается тот или иной дескриптор, тем большее внимание уделяется той проблеме, которую он определяет [1].

Всего в системе ИНИС имеются данные о 12863 работах за 1986 - 1997 гг., в которых слово "Чернобыль" является ключевым. Если выделить эти работы и проанализировать тематическое содержание всех остальных дескрипторов, встречающихся в них вместе со словом "Чернобыль", то появятся 4296 разных дескрипторов, описывающих различные стороны работ, выполненных в мире. Наиболее часто упоминаемые дескрипторы определяют тематику публикаций и составляют ядро исследуемых проблем. Использовалась поисковая система "SPIRS" и специально разработанная программа, дающее частотное распределение тех или иных изучаемых факторов.

Прежде всего, можно определить количество публикаций по данному вопросу, выполненных в разных странах и международных организациях. Отклик на Чернобыльскую трагедию был практически всемирным: более чем в 70 странах были опубликованы работы, в которых затрагивались те или иные ее стороны (табл. 1). Цифры в колонках обозначают количество работ, выполненных в разных странах в связи с Чернобыльской аварией.

Таблица 1. Распределение публикаций по странам

Российская Федерация	2283	Польша	144	Чехия	34	Юж. Корея	4
Англия	1626	Болгария	130	Румыния	33	Мексика	4
Германия	1211	АЯЭ	107	Ирландия	31	Аргентина	3
Украина	1065	Дания	105	Индия	28	Новая Зеландия	3
США	1039	Австралия	98	ВОЭ	27	Пакистан	3
МАГАТЭ	781	Финляндия	95	Перу	16	Чили	3
Белоруссия	643	Чехословакия	93	Испания	15	Тайланд	2
Австрия	448	Бразилия	58	Куба	12	Македония	2
СССР	406	Канада	77	Египет	11	Турция	2
Япония	303	Израиль	74	Эстония	11	Албания	1
Франция	299	Югославия	71	ЮАР	9	Колумбия	1
Нидерланды	289	Норвегия	64	Марокко	8	Иран	1
Швеция	210	Китай	61	Греция	7	Ливан	1
Венгрия	193	Италия	55	Филиппины	6	Малайзия	1
ЕЭС	179	Литва	45	Хорватия	5	Монголия	1
Швейцария	172	Бельгия	39	Сирия	5	Саудовская Аравия	1
		Словакия	39	Казахстан	4		

Из табл. 1 видно, что наибольшее количество работ приходится на Россию, Англию, Германию, Украину, США, Белоруссию и т. д. Значительное количество работ опубликовано в МАГАТЭ, Европейском экономическом сообществе (ЕЭС), Агентстве по ядерной энергии (АЯЭ) и других международных организациях. Каково тематическое содержание этих работ?

1. Технические проблемы Чернобыльской аварии

Разумеется, сами дескрипторы к работам не могут передать всего их содержания, но они дают представление о том главном, на что обращалось внимание в той или иной публикации. Благодаря этому удается сформулировать тематическую суть этих работ и выделить изучаемые в них проблемы. Цифры в колонках табл. 2 указывают количество работ в соответствующих направлениях. Термины, встречающиеся менее 34 раз, опущены.

Из табл. 2 видно, что основное внимание уделялось изучению причин аварий, проблеме безопасности реактора, оценке риска.

Проводилось компьютерное моделирование расплавления активной зоны, определялись стандарты безопасности, поведение ядерного топлива, изучалась проблема радиоактивных отходов (РАО).

Все это известные факты, но приводимые цифры позволяют количественно оценить вклад работ в том или ином направлении и, таким образом, получить общую картину работ.

Обычно в ряду дескрипторов, составленном по убывающей частоте их повторяемости, имеются термины, близкие по смыслу и касающиеся одной и той же проблемы (например (см. табл. 2), безопасность реакторов, анализ безопасности, стандарты безопасности, техника безопасности и т.д.). Благодаря этому удается выделить более широкие направления работ, отраженные в группе родственных по содержанию дескрипторов и количественно оценить роль каждого из них.

Таблица 2. Технические аспекты Чернобыльской аварии

аварии на реакторах	7413	топливные частицы	81
безопасность реакторов	857	реактивность	79
оценка риска	849	снижение нагрузки АЭС	78
атомные электростанции	688	техника безопасности	77
аварии	478	разрушение активной зоны	71
атомная энергетика	317	потеря теплоносителя	67
продукты деления	218	реакторы типа ВВЭР	62
эксплуатация реактора	196	хранение РАО	61
анализ безопасности	193	остановка реактора	61
реакторы типа PWR	175	системы управления реактора	59
компьютерное моделирование	170	корнум (остатки активной зоны)	58
расплавление активной зоны	161	обработка радиоактивных отходов	58
захоронение РАО	155	теплопередача	56
реакторы типа РБМК	150	снятие реактора с эксплуатации	56
стандарты безопасности	147	гидравлика	49
ядерное топливо	135	пустотный коэффициент	49
операторы реактора	124	системы защиты реактора	48
оболочка (контеймент)	109	системы охлаждения реактора	47
вероятностные оценки	107	отходы низкой активности	43
ядерная промышленность	101	топливный цикл	42
ядерное оружие	97	передача технологии	39
площадка реактора	94	системы человек-машина	37
реакторы типа BWR	91	кинетика реактора	37
активная зона реактора	90	выбор площадки	34
выработка энергии	86	отработанное топливо	34

Так, по данным табл. 2 вырисовывается следующая картина: 56% всех работ посвящены анализу причин аварии на 4-м блоке, 17 % - проблемам безопасности реактора, 10 % - общим проблемам атомной

энергетики, 6 % - системам управления и защиты реактора, 6 % - используемому ядерному топливу и 5 % - прочим аспектам. Данные о конкретных результатах проведенных работ могут быть получены из анализа содержания найденных публикаций.

В числе проблем, перечисленных в табл. 2, имеется термин "Передача технологий" (Technology Transfer). Он не относится к числу наиболее часто повторяемых, но тем не менее представляет интерес провести анализ содержания этих работ. В них идет речь об организации международного сотрудничества в использовании современных методов повышения безопасности АЭС и, прежде всего, разработанных в бывшем СССР реакторов, выработке критериев безопасности ядерных установок, изучении радиологических последствий Чернобыльской аварии, методах очистки загрязненных территорий и обращения с РАО, изучении цепочек накопления радионуклидов в пищевых продуктах и методах их обработки и, наконец, об обмене информацией и опытом.

Перечислен ряд предложений со стороны западных научных центров и фирм об установлении такого сотрудничества, оказании технической помощи и финансировании проведения этих работ, но прослеживается явное желание использовать их результаты в собственных интересах [2, 3].

Отмечается, что примерно 56 АЭС в Восточной Европе и бывшем СССР не соответствуют западным стандартам безопасности и требуется их модернизация [4]. Шаги по такой модернизации были предприняты за последние годы.

Следует учесть, что приведенные выше данные относятся к работам в связи с Чернобыльской аварией, выполненным во всем мире; тематика работ, проведенных в Украине, будет существенно иной (табл. 3).

Сравнение данных табл. 2 и 3 показывает, что такие последствия аварии, как режим зоны отчуждения, радиоактивное загрязнение почвы изотопами цезия и стронция, миграция радионуклидов, хроническое облучение и связанные с этим биологические радиационные эффекты и их влияние на здоровье, были главными направлениями исследований в Украине.

Таблица 3. Тематика работ, выполненных в Украине

реактор Чернобыль-4	790	зависимость от времени	135
аварии на реакторах	669	накопление радиоактивности	120
зона отчуждения	386	радиационный мониторинг	119
биол. радиационные эффекты	254	радиологическая концентрация	114
миграция радионуклидов	248	загрязнение поверхности	96
радиоактивное загрязнение	242	отдаленные радиационные эффекты	92
цезий-137	236	облучение малыми дозами	87
почва	159	медицинское наблюдение	78
хроническое облучение	148	дезактивация	65
дозы радиации	147	патологические изменения	59
стронций-90	147	опасность для здоровья	55

2. Социально-политические аспекты Чернобыльской аварии

Одним из главных факторов, определяющих развитие любой отрасли промышленности, является отношение к нему общественного мнения. Чернобыльская авария самым неблагоприятным образом повлияла на отношение общественности к атомной энергетике и это нашло свое отражение в тех проблемах, которые исследовались в связи с аварией (табл. 4). Из нее видно, что в перечне этих проблем имеются такие острые вопросы, как "загрязнение чужих территорий", введение "контролируемых районов", "эвакуация населения", "компенсация жертвам", "ядерный ущерб" и т. д. Изучается общественное мнение и отношение населения к атомной энергетике, международное сотрудничество в этой области, политика правительств в области развития энергетики и прогнозирование ситуации на будущее. Широко обсуждается роль "человеческого фактора" и подчеркивается необходимость выработки юридических основ развития атомной энергетики, которые нашли бы свое отражение в соответствующем законодательстве с учетом этических аспектов.

Пользуясь уже упомянутым методом объединения близких по своему смыслу дескрипторов и укрупнения главных направлений исследований, можно количественно определить роль различных аспектов исследований в рассматриваемой области: социальным аспектам посвящено 57 % работ, политическим - 28 % и юридическим - 15 %.

Среди дескрипторов (см. табл. 4) имеется термин "заинтересованные круги" (Interest groups). В работах, посвященных этой проблеме, обсуждаются аргументы противников и сторонников атомной энергетики. Аварии на АЭС в Тримайлайленде и Чернобыле привели к росту антиядерного движения во всем мире. Была создана международная организация "Anti-Atom International".

Таблица 4. Социально-политические аспекты Чернобыльской аварии

народонаселение	1243	стоимость	74
радиационное загрязнение чужих территорий	807	глобальные аспекты	72
контролируемые районы	704	обеспокоенность населения	71
общественное мнение	411	информирование населения	50
региональный анализ	366	компенсация жертвам	50
общественные отношения	324	административные процедуры	40
прогнозирование	316	закон об атомной энергии	38
международное сотрудничество	286	сельское население	37
политика правительства	224	экономическое воздействие	37
соц-экономические факторы	219	анализ стоимость-выгода	32
энергетическая политика	217	этические аспекты	31
исследовательские программы	192	законодательство	31
человеческий фактор	187	экологическая политика	29
эвакуация населения	176	международные соглашения	29
политические аспекты	164	лицензирование реактора	29
социальное воздействие	143	заинтересованные круги	26
юридические основы	121	международный закон	26
перемещение населения	111	местное правительство	26
ядерный ущерб	110	мелиорация земель	23
регулирующие положения	109	ядерное страхование	20
социология	109	гражданская ответственность	19
статистические данные	103	процедура лицензирования	18
исторические аспекты	101	гражданская оборона	17
ядерное оружие	97	профессиональная безопасность	17
информационные системы	95	плотность населения	16
распространение информации	76		

В Англии "Друзья Земли" создали собственную программу радиационного мониторинга, полагая, что правительство скрывает от общественности истинное загрязнение от Чернобыльской аварии и от работы британских ядерных установок. Эти действия координировались несколькими антиядерными организациями с бюджетом в

1 млн фунтов стерлингов с целью воспрепятствовать запланированному строительству реактора в Хинкли. Многочисленные группы "зеленых" и антиядерных лоббистов указывали на секретность и неопределенность ядерной политики страны и требовали принятия мер к закрытию всех АЭС [5]. Делались упреки в адрес СССР и Франции, где "централизованная государственная бюрократическая структура не учитывает требований общественности о закрытии АЭС", и предлагалось обратиться в ООН с требованием об остановке ядерных предприятий во всем мире и о поисках более благоприятных источников энергии [6].

В этих действиях искренняя озабоченность последствиями Чернобыльской трагедии и боязнь повторения подобных аварий сочетались с политическими интересами и финансовой поддержкой компаний, использующих органическое топливо для выработки электроэнергии. Выступая против атомной энергетики, никто не предлагал ей альтернативной замены. "Заинтересованные круги" были как с одной стороны, так и с другой, но очевидное экологическое воздействие продуктов сжигания органического топлива и растущие потребности в электроэнергии привели к тому, что во второй половине 90-х годов оппозиция к атомной энергетике пошла на убыль.

3. Радиозкологические последствия Чернобыля

Эти вопросы нашли свое отражение в изучении загрязнения окружающей природной среды и доз радиации в результате радиоактивных выпадений, миграции радионуклидов, вызванных ими биологических эффектов, концентрации радионуклидов в почве и других наземных экосистемах и водной среде, оценке радиационной опасности (табл. 5). Рассматриваются методы мониторинга, отбора образцов для анализа и радиационной защиты. Исследуется поступление радионуклидов в организм по пищевым цепочкам, воздействие аварии на окружающую среду и воздействие этой среды на человека. Изучается влияние малых доз и хронического облучения, методы его уменьшения.

Исходя из количества публикаций по загрязнению различных природных сред, можно приблизительно оценить, что загрязнению почвы посвящено 70 % работ, подземных и поверхностных вод - 20 % и

воздуха - 10 % работ. Биологические радиационные эффекты изучались в 4 раза интенсивнее, чем генетические.

Таблица 5 Тематика работ по радиоэкологии

радиоактивное загрязнение	3336	воздействие окружающей среды	380
миграция радионуклидов	2416	гамма-радиация	368
дозы радиации	2355	выход продуктов деления	365
почва	1918	мощность дозы	326
радиоактивные выпадения	1790	генетические радиац. эффекты	317
радиационный мониторинг	1624	дозовые эквиваленты	306
биологические радиац. эффекты	1341	наземные экосистемы	300
радиологическая концентрация	1162	поглощение радиоакт. веществ	300
радиационная защита	1125	подземные воды	297
пищевые цепочки	807	леса	295
воздействие на окружающую среду	802	глобальные выпадения	279
экспериментальные данные	768	сельское хозяйство	273
зависимость от времени	713	уменьшение действия облучения	271
радиационная опасность	678	отбор образцов для анализа	265
малые дозы облучения	675	воздух	261
радиационные аварии	627	водные экосистемы	255
радиоактивные осадки	626	поверхностные воды	254
кинетика радионуклидов	570	зависимость доза-эффект	228
аварийные мероприятия	524	ожидаемые дозовые нагрузки	196
загрязнение поверхностей	483	радиационные повреждения	188
хроническое облучение	482	содержание изотопов в организме	182
неконечные радиоактивности	380	иммунитет	179

4. Тематическое содержание работ по медицине и медицинские последствия Чернобыльской аварии

В системе ИНИС имеются сведения о более чем 96 тыс. публикациях за 1970 - 1997 гг., в которых упоминается дескриптор "медицина". Благодаря этому удается раздельно проанализировать тематическое содержание работ по медицине в мире до 1975 г. (табл.6, колонка 1), работ, выполненных после 1995 г., не связанных с Чернобыльской аварией (колонка 2) и работ, относящихся непосредственно к медицинским аспектам Чернобыля (колонка 3).

Из табл.6 видно, что работы начала 70-х годов посвящены, в основном, общим проблемам (лучевая терапия, биологическое действие излучения, дозы радиации), описанию методов исследования (радионуклидное сканирование, биомедицинская радиграфия) и

изучению заболеваний различных органов (кровь, ткани, новообразования). Работы конца 90-х годов, не связанные с Чернобылем, имеют более четко выраженную направленность изучения конкретных заболеваний (новообразования, карциномы, метастазы, патологические изменения), болезней отдельных органов (легкие, сердечно-сосудистая система, молочные железы, заболевания нервной системы, умственные заболевания и болезни мочеполовой системы). Обращает на себя внимание резкий рост за последние годы количества работ, посвященных последнему виду заболеваний, а также новообразованиям и, в частности, карциномам. Большое внимание в недавних работах уделяется изучению биомедицинской радиологии, болезням головного мозга, сердца, нервным и сердечно-сосудистым заболеваниям, возникновению метастазов.

Можно отметить, что в целом количество работ, посвященных влиянию Чернобыльской аварии на заболевания тканей, печени, легких, головного мозга, почек, желудочно-кишечного тракта, костных клеток, молочных желез, сердечно-сосудистых заболеваний меньше, чем без учета воздействия этой аварии. В то же время намного больше работ посвящено щитовидной железе, лимфоцитам и лейкоцитам, лейкемии, хромосомным aberrациям, морфологическим изменениям в организме, радиационному синдрому и умственным заболеваниям. В связи с Чернобылем широко рассматриваются отдаленные эффекты облучения, действие внутреннего облучения и генетические радиационные эффекты.

Поскольку болезням щитовидной железы и отдаленным последствиям облучения уделяется наибольшее внимание в связи с Чернобыльской аварией, целесообразно рассмотреть более подробно тематическое содержание работ в этих направлениях (табл. 7)

Прежде всего, следует отметить, что болезням щитовидной железы (колонка 1) посвящено в 1,7 раз больше работ, чем отдаленным последствиям облучения (колонка 2). Дети обследуются в 4 - 5 раз чаще, чем взрослые. Биологическое действие радиации и радиационные дозы занимают ведущее место в обследованиях, причем, если роль йода-131 для щитовидной железы почти в 2 раза выше, чем цезия-137, то при определении отдаленных последствий облучения их роль почти одинакова. Основными проблемами при обследовании щитовидной железы являются эндокринные заболевания, образование раковых опухолей, лейкемия, гормоны щитовидной железы и их

Таблица 6 Тематика медицинских исследований

Названия направлений - исследований	1	2	3	Названия направлений исследований	1	2	3
лучевая терапия	2227	2312	61	желудочно-кишечный тракт	237	254	72
биол. действие	1650	934	2139	лейкоциты	207	139	252
излучения	1301	1297	2422	сердце	185	433	29
дозы радиации	1236	1248	680	общее облучение	176	63	46
кровь	1162	791	9	опухолевые клетки	173	149	13
радионуклидное сканир.	992	310	61	костные клетки	172	78	20
методы меченых атомов	971	685	6	костный мозг	170	75	78
сцинтиллогграфия	898	510	268	эндокринные заболевания	168	139	126
ткани	874	1295	37	внутреннее облучение	153	115	429
биомед. радиогграфия	842	612	755	лимфоциты	147	103	256
дозиметрия	807	2412	529	канцерогенез	139	68	128
новообразования	681	216	197	сердечно-сосуд. заболеван.	132	382	67
распределение доз излуч.	667	557	1126	биологическая репарация	131	44	31
радиационная защита	564	52	715	генетич. радиац. эффекты	129	56	318
зависимость от времени	515	578	543	лейкемия	125	84	143
поглощ. радионуклидов	500	866	226	молочные железы	114	265	16
патологич. изменения	496	186	217	метастазы	113	428	6
радиац. повреждения	447	1209	110	хромосомные aberrации	106	64	272
карциномы	442	346	98	болезни мочеполовой сист.	99	310	39
печень	414	172	228	гистология	98	3	7
зависимость доза-эффект	382	425	457	морфологич. изменения	85	113	119
внешнее облучение	391	506	114	инфекционные заболевл.	72	54	27
легкие	355	130	183	смертность	69	94	168
радиочувствительность	323	68	18	радиационный синдром	63	147	158
радионукл. анализ	321	80	678	ранние эффекты облучения	50	12	43
радиационная опасность	313	773	64	заболевания нервной сист.	44	123	218
головной мозг	311	213	795	умственные заболевания	5	325	215
цитовидная железа	295	217	18			63	
почки	274	251	483				
отдаленные рад. эффекты							

стимуляция, тиреоидит, образование зоба, гипотиреоз, тироксин, триодтеронин.

При изучении отдаленных последствий облучения главное внимание обращается на последствия хронического облучения и вызванные им лучевые поражения, генетические последствия облучения, болезни нервной системы, хромосомные aberrации, умственные расстройства и роль кроветворных органов. В обоих случаях внутреннее облучение играет преобладающую роль.

Таблица 7. Работы, связанные с изучением патологии щитовидной железы (1) и отдаленными последствиями облучения (2)

Направления работ	1	2	Направления работ	1	2
щитовидная железа	795	110	внешнее облучение	42	41
дети	373	103	тиреодит	42	5
биол. действие радиации	327	483	смертность	34	29
радиационные дозы	348	143	хроническое облучение	39	58
под-131	301	39	лучевые поражения	32	57
новообразования	266	112	зоб	31	6
цезий-137	164	44	генетические радиационные эффекты	30	46
отдаленные последствия облучения	110	483	возрастная зависимость	30	14
эндокринные заболевания	102	23	ожидаемые дозы	25	15
медицинские наблюдения	95	110	болезни нервной системы	23	49
карциномы	81	31	гипотиреозы	22	4
оценка риска	76	50	гормоны, стимулирующие щитовидную железу	21	2
внутринее облучение	76	25	лимфоциты	20	36
варошые	74	24	хромосомные aberrации	18	38
заболеваемость	73	77	тироксин	18	3
клетка радионуклидов	71	12	умственные расстройства	17	40
лейкемия	70	35	морфологические изменения	11	10
малые дозы облучения	61	67	триодотиронат	13	1
патологические изменения	46	42	кровообразование	3	32
гормоны щитовидной железы	44	3			

5. Учет воздействия разных радионуклидов при изучении последствий аварии на ЧАЭС

Из системы ИНИС можно найти названия 141 и отона различных элементов, просто этих элементов и их соединений, которые исследовались в работах, посвященных Чернобыльской аварии (табл. 8). В этой таблице, в отличие от предыдущих таблиц, перечислены однородные термины (отдельные радионуклиды), которые легче поддаются сравнению. Приведенные в ней данные соответствуют известному факту, что изотопы цезия, стронция, йода и плутония оказали наиболее неблагоприятное экологическое воздействие после аварии.

Представляется, что число публикаций, в которых упоминается тот или иной радионуклид, может служить приблизительным ориентиром при определении его вклада в общую картину радиоактивного загрязнения. Непосредственно подтвердить это предположение затруднительно ввиду пестрой картины выпадения

Чернобыльских выбросов в разных странах и множества факторов, определяющих экологическое воздействие и влияние на население каждого из них, но далее приводятся косвенные подтверждения этому.

Таблица 8. Частота упоминания различных изотопов в работах, посвященных последствиям Чернобыльской аварии

Цезий 4682	Плутоний 486	Ra-226	85	Eu-155	5
Cs-137 3449	Pu-239 219	Mn-54	74	Ra-228	5
Cs-134 1187	Pu-240 156	Ag-110	68	Rb-107	5
Cs-136 24	Pu-238 77	Zn-65	64	Ce-134	4
Cs-144 12	Pu-241 29	Co-58	61	Fe-59	4
Cs-131 2	Pu-242 5	Kr-85	20	Rn-226	4
Cs-132 2	Церий 344	Np-239	20	Th-228	4
Cs-133 2	Ce-144 233	Mo-99	19	Am-242	4
Cs-138 2	Ce-141 102	Xe-133	17	Ar-37	3
Cs-139 2	Ce-137 5	Bi-214	13	Ba-137	3
Стронций 1270	Ce-134 4	Po-210	10	Cr-51	3
Sr-90 1212	Тритий 139	Nb-95	60	Eu-152	3
Sr-89 58	Уран 63	Se-75	53	Ir-192	3
Йод 1091	U-238 28	La-140	10	Fe-55	3
I-131 946	U-235 21	C-14	31	Bi-63	3
I-132 53	U-234 7	Pb-210	31	Fr-144	3
I-129 37	U-237 4	Th-232	30	Rh-103	3
I-133 16	U-233 3	Rn-222	28	Na-22	3
I-127 10	Остальные	Te-99	25	Tc-90	3
I-135 9	радионуклиды	Y-90	25	Ar-41	2
I-134a 6	K-40 163	Cu-242	24	Ca-45	2
I-125 5	Zr-95 139	Te-129	9	Cf-242	2
I-123 3	Te-132 137	Th-208	7	Cf-252	2
I-130 3	Co-60 114	Pb-212	6	Cl-36	2
I-137 3	Sb-125 113	Pb-214	6	Co-57	2
Рутений 534	Ba-140 111	Rn-220	6	Cm-243	2
Ru-106 268	Ce-141 102	Rh-106	6	Mo-90	2
Ru-105 266	Am-241 101	Ac-228	5	Np-237	2
	Be-7 99	Ce-137	5		

Данные табл. 8 соответствуют известным сведениям о роли основных радионуклидов в загрязнении окружающей среды [7] и их влиянии на радиоекологические условия, сложившиеся в Чернобыльской зоне [8].

Другим косвенным подтверждением роли отдельных радиоизотопов в Чернобыльской аварии может служить, например, сравнение двух независимых величин: суммарной активности выбросов

некоторых наиболее значимых радионуклидов из реактора, а также полных прогнозируемых коллективных доз облучения населения от этих радионуклидов с числом публикаций, им посвященных (табл. 9).

Таблица 9. Сравнение числа публикаций по отдельным изотопам с их активностью и ожидаемыми дозами облучения

Радио- нуклид	Период полурас- пада	Число публика- ций с упо- минанием данного нуклида	Активность выброса данного нуклида из реактора (МКи) [9]	Отно- шение П/А	Ожидаемая полная кол- лективная до- за облучения (10^5 ч-Зв) [10]	Отно- шение Д/А
		(П)	(А)			
Cs-137	30 лет	3449	1	3449	4,3	802
Sr-90	29,3 лет	1212	0,22	5509		
Cs-134	2,06 лет	1187	0,5	2374	1,2	989
I-131	8 дней	946	7,3	129	0,37	2557
Изотопы плутония	14,4 года для Pu-241	481	0,14	3436		

Из табл. 9 видно, что отношение П/А, определенное на основании выбросов радионуклидов из реактора, колеблется в незначительных пределах для 4 радионуклидов, кроме короткоживущего изотопа йода-131. Отношение Д/А, основанное на ожидаемой полной коллективной дозе облучения населения от цезия-137 и цезия-134, также примерно постоянно, причем для йода-131 оно выше. Указанные различия могут отражать то повышенное внимание, которое уделяется радиологическому воздействию йода.

Приведенные выше статистические данные позволяют утверждать, что анализ частоты встречаемости отдельных ключевых слов в публикациях, посвященных той или иной проблеме, позволяет найти главные направления работ, ведущихся по этой проблеме, количественно оценить роль каждого из них в проводимых работах и сформулировать общую характеристику и особенности проводимых работ. Анализ содержания публикаций по найденным главным направлениям работ может дать качественное описание выполненных исследований, определить их результаты и показать дальнейшие перспективы.

При применении данного метода анализа к изучению последствий Чернобыльской катастрофы были определены важнейшие направления работ, проведенных в мире и связанных с наиболее актуальными аспектами ее социального, радиэкологического и медицинского воздействия. Полученные в настоящей работе данные могут служить ориентиром при определении того, на какие вопросы следует обращать особое внимание.

Частота использования того или иного радионуклида в публикациях, связанных с Чернобыльской аварией, может помочь понять специфику проведенных исследований, выяснить, каким проблемам уделялось наибольшее внимание, какие применялись методы исследований и дать ответ на вопрос, почему данному радионуклиду было уделено большое внимание или, наоборот, почему он был использован незначительное количество раз, несмотря на его кажущуюся значимость.

Возможен подобный анализ по отдельным странам с выявлением присущих им особенностей проведения работ.

Данные, содержащиеся в настоящем обзоре, могут быть использованы специалистами, работающими над конкретными проблемами смягчения последствий Чернобыльской аварии при определении того, на какие вопросы следует обращать особое внимание, а также при планировании и проведении новых исследований.

Использованный метод является универсальным в том смысле, что он позволяет получить исходные сведения для проведения намеченных исследований в любой области, которая отражена в информационных базах данных, а также необходимые данные в ходе выполнения этих исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофименко А.Н. Анализ радиационных и химических факторов, определяющих экологическое состояние природной среды. - Киев, 1996 - 27 с. (Препр./НАН Украины. Ин-т ядерных исслед.; КИЯИ-96-5).
2. Papers submitted to the International Forum "One decade after Chernobyl. Nuclear Safety Aspects" // Vienna, IAEA, 1996.
3. Buerkle W. Rolle der westlichen Industrie in Osten. Zehn Jahre nach dem Unfall in Tschernobyl // Atomwirtschaft-Atomtechnik. - 1996. - Vol.41(3) - P.176.
4. Maltini F. The nuclear safety account and Chernobyl nuclear power plant. International Forum "One decade after Chernobyl: Nuclear safety aspects" // Vienna, IAEA. -1996. - P. 364.
5. Carter M. She says no exclamation // Environment - October 1986. - N 9. P. 14.
6. Bunyard P. Nuclear power - the hydra's head. // Ecologist, London. - 1986. - Vol.16(6). - P. 226.
7. Соболевич Э.В., Ольховик Ю.А. Основные проблемы геохимии радионуклидов Чернобыльского выброса // Чернобыльская катастрофа. - Киев: Наука думка, 1995. - С. 199.
8. Соболевич Э.В., Бондаренко Г.Н. Проблема радиоактивных веществ в зоне отчуждения ЧАЭС // Там же. - С. 366.
9. Гродзинский Д.М. Биогеохимические превращения радионуклидов // Там же. - С. 242.
10. Sources, effects and risks of ionizing radiation. Report of the UNSCEAR to the UN General Assembly. - 1988. - P. 342, § 204.

Научное издание

ТРОФИМЕНКО Аркадий Павлович
ПИСАНКО Жанна Ивановна
КУПРАВА Ольга Михайловна

ТЕХНИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ,
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ
РАБОТ, ВЫПОЛНЕННЫХ В МИРЕ ЗА 1986 - 1997 ГГ.
В СВЯЗИ С ЧЕРНОВЫЛЬСКОЙ АВАРИЕЙ

Редактор Л.Н. Грозиц

Подп. в печать 23.04.99. Формат 60x90/16. Бум офс. Офс. печ.
Усл. печ. л. 1. Уч.-изд. л. 0,9. Тираж 130 экз. Заказ 5

Институт ядерных исследований НАН Украины
252650, Киев-22, проспект Науки, 47
