

на уровне $k_{эф} \sim 0,98-0,99$ каскадные системы могут в 4—6 раз повысить умножение нейтронов источника по сравнению с системами, использующими неразмножающиеся мишени. Однако это преимущество каскадных систем может быть реализовано только после тщательного обоснования возможности достижения необходимой ядерной безопасности, что маловероятно при работе на столь низкой подкритичности.

Работа выполнена в рамках проекта МНТЦ № 17.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев П.Н., Игнатьев В.В., Коляскин О.Е. и др. Каскадный подкритический реактор повышенной безопасности. — Атомная энергия, 1995, т. 79, вып. 5, с. 327—337.
2. Алексеев П.Н., Игнатьев В.В., Коляскин О.Е. и др. Концепция жидкосолевого подкритического реактора повышенной безопасности: Препринт ИАЭ-5857/2, 1995.
3. Avery R. Coupled reactors. — In: Proc. 2 UN Intern. Conf. on the Peaceful Uses of Atomic Energy. Geneva, 1958, v. 12, p. 182—199.
4. Lee C., Bratton R. Comparison of analytical variational solutions of steady-state neutron-diffusion problems. — Ann. Nucl. Energy, 1984, v. 11, № 10, p. 493—513.
5. Зизин М.Н., Шишков Л.К. Тестовые нейтронно-физические расчеты ядерных реакторов. М.: Атомиздат, 1980.
6. Бурмистров А.Я., Кочуров Б.П. Пространственно-энергетическое распределение нейтронов в цилиндрической ячейке реактора (Программа TRIFON): Препринт ИТЭФ, 1978, № 107.

Поступила в Редакцию 20.09.96

УДК 502.3

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНЫХ МЕР В АГРОСФЕРЕ В ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПЕРИОД ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЯДЕРНОЙ АВАРИИ

*Яцало Б.И., Мирзеабасов О.А., Охрименко И.В.,
Пичугина И.А., Кулагин Б.П. (ВНИИСХРАЭ)*

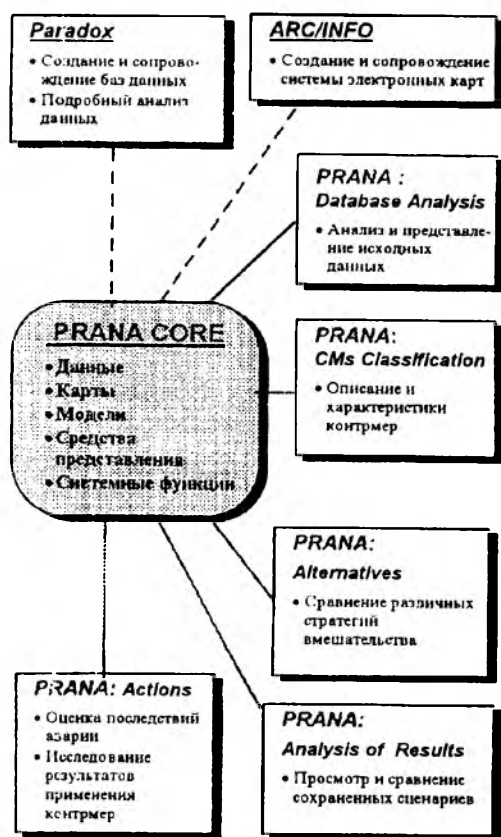
Крупномасштабное и долгосрочное загрязнение окружающей среды долгоживущими радионуклидами, вызванное аварией на Чернобыльской АЭС, потребовало разработки новых подходов и методов оценки его последствий и выбора необходимых мер вмешательства. Компьютерные системы поддержки принятия решений являются ключевым элементом при выполнении указанных задач, в том числе при оценке эффективности защитных мер (контрмер) и сравнении альтернатив в целях выбора оптимальной системы контрмер и соответствующих рекомендаций для последующего принятия решений. К началу 90-х годов были разработаны модели и компьютерные системы для оценки последствий радиоактивного загрязнения территории — MARC, UFOMOD, ECOSYS, COSYMA и др. [1, 2]. Так как указанные компьютерные системы предназначены для решения лишь определенных задач в острый и/или долгосрочный период ликвидации последствий ядерной аварии, разработку компьютерных систем поддержки принятия решений продолжили с учетом новых подходов, моделей и данных, в том числе разнообразных контрмер [2—5], принимая во внимание тенденции современного развития компьютерной технологии и требования к прикладным системам (использование геоинформационных систем, современных систем управления базами данных и анализа принимаемых решений). Прежде всего необходимо отметить крупномасштабный проект по созданию системы RODOS [2, 3], в разработке которой участвуют специалисты многих стран Европы и СНГ. Указанная система предназначена для оценки/прогноза последствий ядерной аварии и управления послеаварийной

ситуацией как в острый, так и в долгосрочный период ликвидации ее последствий. При этом рассматриваются почти все вопросы острого периода (атмосферный перенос, состояние агро- и гидросфер, оценка дозы населения с учетом всех путей облучения, рекомендации по введению защитных мер в режиме реального времени), а также многие долгосрочного периода (прогноз динамики дозы, рекомендации по применению основных контрмер и др.) [2, 3].

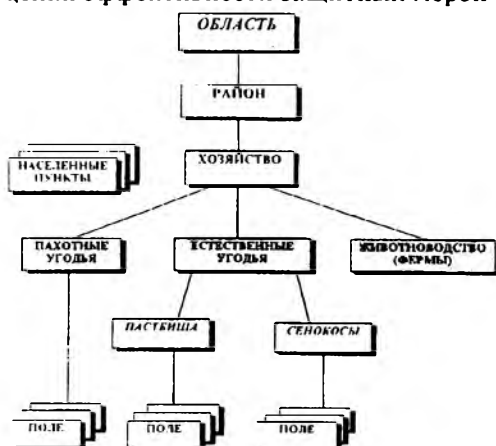
Структура и особенности компьютерной системы PRANA. Компьютерная система PRANA (Protection and Rehabilitation of Agrosphere after Nuclear Accident), представляющая собой систему поддержки принятия решений по управлению защитными мероприятиями в агрофере в долгосрочный период ликвидации последствий ядерной аварии, предназначена для оценки загрязнения сельскохозяйственной продукции, дозовых нагрузок (сельского) населения, результатов применения контрмер по уменьшению загрязнения продукции и/или дозы населения, эффективности контрмер на основе радиологических и экономических методов и сравнения различных контрмер/защитных стратегий (сельскохозяйственных контрмер, ограничений на потребление местных продуктов, переселение и др., в том числе с учетом возможности управления уровнями вмешательства), поддержки принятия решений по управлению загрязненными территориями.

PRANA (рис. 1) состоит из ядра системы и набора приложений (модулей). Ядро системы отвечает за загрузку исходных данных, электронных карт, математических моделей, библиотек представления и доступа к данным. Приложения предназначены для решения конкретных задач, в том числе анализа и представления исходных данных, оценки последствий загрязнения территории долгоживущими радионуклидами, подробного исследования результатов применения систем контрмер и сравнения различных стратегий вмешательства.

От других систем поддержки принятия решений, в том числе и системы RODOS, ее отличает использование технологии геоинформационных систем, векторная карта землепользования и связанные с ней базы данных в качестве ключевых компонентов системы, разный уровень исследования и детализации при оценке последствий радиоактивного загрязнения территории, выбора мер вмешательства и оценки их эффективности (рис. 2), особое внимание сельскохозяйственным контрмерам, проведение оценки эффективности защитных мероп-



Р и с. 1. Архитектура компьютерной системы



Р и с. 2. Уровни исследования и детализации информации, реализуемые в PRANA

приятий с помощью экономических и радиологических методов (включая разные варианты анализа затраты—выгода), применение вероятностных/распределенных методов для анализа неопределенностей, неоднородной структуры дозы облучения населения и загрязнения продукции [6].

Входная информация. Составной частью PRANA является база данных, содержащая информацию о радиоактивном загрязнении, сельскохозяйственном производстве, населенных пунктах и др., которая согласована с картами землепользования, а также радиологические и агроэкологические данные и параметры. Указанные данные подразделяются на несколько типов. Географические/картографические данные включают электронные карты плотности поверхностного загрязнения территории радионуклидами, карты землепользования (населенные пункты, пахотные угодья, пастбища, сенокосы, леса, водные системы, неудобья и пр.), типы почвы, границы административного деления (хозяйств, районов, областей).

«Табличные» данные включают информацию о радиологических параметрах, а также демографические, агроэкологические, экономические и другие данные, в том числе коэффициенты перехода радионуклидов в продукцию растениеводства и животноводства, характеристики контрмер [7—10], демографические, экономические и агроэкологические данные, данные мониторинга (включая детальные физико-химические характеристики почвы сельхозугодий, внутреннюю и внешнюю дозу облучения по населенным пунктам), а также различные уровни вмешательства/ВДУ, установленные национальными и международными органами (НКРЗ, МКРЗ, МАГАТЭ) [11, 12].

Реализованы два основных варианта представления и анализа исходных данных и параметров: визуализация данных по всем картографическим полигонам (полям, населенным пунктам) с возможностью интеграции однородных данных по уровням исследования (например, по всем естественным угодьям, по хозяйству/району в целом, см. рис. 2) с представлением соответствующих гистограмм, диаграмм и таблиц и представление данных и параметров в среде СУБД (вне ядра системы).

Защитные меры. Реализованные в системе PRANA контрмеры условно могут быть разделены на сельскохозяйственные и административные. Первые включают в себя [7—10] контрмеры на естественных (коренное или поверхностное улучшение пастбищ и сенокосов) и пахотных угодьях (известкование, применение органических/минеральных удобрений, глубокая вспашка), в животноводстве (применение цезийсвязывающих веществ, формирование рациона животных), управления в агроиндустрии (оптимизация структуры землепользования/изменение севооборотов/выведение угодий из сельскохозяйственного оборота, переработка продукции).

Если ограничиться только сельскохозяйственными контрмерами, то наиболее близкой к PRANA является компьютерная система FORCON [13], предназначенная для анализа данного класса контрмер на локальном уровне (без использования технологии геоинформационных систем).

Административные контрмеры включают ограничения на потребление местных продуктов питания (в том числе даров леса) и режим поведения населения, переселение. Сюда же можно отнести и возможность пересмотра/корректировки уровней вмешательства/ВДУ, которые могут внести существенные изменения в структуру и масштабы необходимых мер вмешательства, нормы загрязнения разрешенной к потреблению сельскохозяйственной продукции и в конечном итоге оказать существенное влияние на структуру дозы облучения населения.

В модуле «классификация контрмер» (см. рис. 1) представлено детальное описание защитных мер с указанием радиологических, экономических, агроэкологических и других параметров, включая положительные и отрицательные характеристики каждой контрмеры. Кроме того, при непосредственном задании контрмеры пользователь также может просмотреть все ее основные характеристики.

В PRANA реализовано несколько вариантов задания контрмер: рекомендации/реализация согласно требованиям (выбранных) норм радиационной безопасности; задание системы контрмер пользователем с возможностью конкретизации условий применения каждой контрмеры (например, в указанной зоне загрязнения, на данном типе почвы, под данной культурой и др., при этом учитываются возможные ограничения на проведение контрмер). Наиболее гибкое задание защитных мер выполнено на локальном уровне — на каждом полигоне (поле, населенный пункт) может быть реализована любая из доступных контрмер.

Модели и алгоритмы. Для оценок загрязнения сельскохозяйственной продукции используются квазистационарные модели загрязнения продуктов растениеводства (корневое поступление радионуклидов) и продукции животноводства [7—10], динамические/стохастические модели оценки загрязнения сельхозпродукции реализованы отдельно от PRANA и могут быть полезными при проведении детальных оценок на локальном уровне.

Расчет дозы внутреннего и внешнего облучения сельского населения основан на оценке среднегодовой дозы по данным о загрязнении рациона питания и режима поведения людей. Особенность моделей заключается в существенном применении картографических данных для привязки населенных пунктов к объектам землепользования (пастбища и сенокосы, пахотные участки, лес) при расчете загрязнения местного рациона питания и внешней дозы облучения. Оценивается как доза для отдельного года, так и ее динамика для основных половозрастных и профессиональных групп по каждому населенному пункту.

При наличии данных мониторинга о загрязнении продукции и дозе облучения населения соответствующие модели могут настраиваться на них для последующей верификации и валидации.

Оценка эффективности контрмеры или системы контрмер основана на алгоритмах оценки предотвращенной коллективной и/или индивидуальной дозы облучения (предотвращенного риска [14]), стоимости контрмер и реализации методов затраты—выгода [15].

Особенностью моделей оценки загрязнения сельскохозяйственной продукции и дозы облучения населения является реализация вероятностных/распределенных методов в виде (оригинальных) алгоритмов и соответствующих библиотек компьютерных модулей для оценки распределения выходных величин или их неопределенностей в зависимости от интерпретации законов распределения исходных величин и параметров.

Поддержка принятия решений. Присимущества прикладных геоинформационных систем далеко не исчерпываются возможностью получения тех или иных карт. Как правило, интеграция разнородных данных, представленных к визуальному анализу в виде различных слоев информации, даст синергический эффект и позволяет представлять выходную информацию в более совершенном виде для последующего анализа и принятия решений.

Для анализа контрмеры или системы контрмер пользователю в наглядном виде (в виде карт, таблиц, диаграмм и графиков) представляются результаты ее применения (загрязнение продукции и структура дозовых нагрузок до и после контрмер, эффективность контрмер на основе рассматриваемых критериев). При этом в качестве оценки (эффективности) контрмер рассматриваются следующие критерии:

расходы на реализацию (системы) контрмер (P_c);

предотвращенная коллективная доза облучения (ΔS), а также предотвращенная индивидуальная и коллективная доза облучения местного населения;

расходы на предотвращение единицы коллективной дозы (эффективность затрат, $e = P_c / \Delta S$);

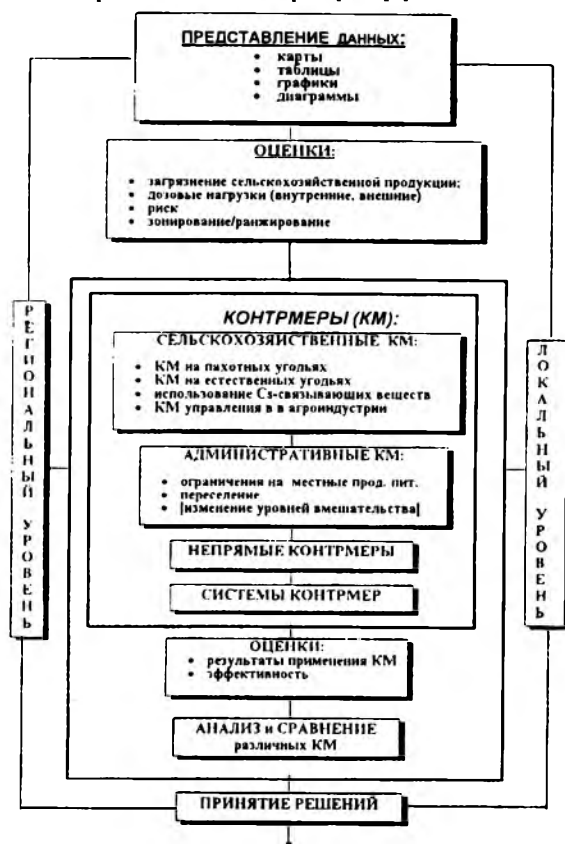
суммарный ущерб до и после принятия контрмер ($Z = P_c + Y$, $Y = \alpha S$, где S — коллективная доза; α — стоимостной эквивалент единицы коллективной дозы, руб./чел.·Зв [11, 12];

чистая выгода ($B = \alpha \Delta S - P_c + B_a$, где B_a — стоимостной эквивалент дополнительной выгоды от реализации контрмеры).

Разработано несколько модулей анализа контрмер (см. рис. 1, 3): оценки результатов применения контрмер, эффективности контрмеры/системы контрмер, сравнение

различных сценариев (вариантов) применения контрмер, а также отдельный модуль для сравнения различных защитных стратегий/альтернатив (сельскохозяйственные контрмеры, ограничения на потребление местной продукции, переселение).

Последовательность работы PRANA. Интерфейс PRANA позволяет использовать возможности модулей для визуализации исходных данных, необходимых оценок и анализа (включая зонирование и ранжирование хозяйств, населенных пунктов, земельных угодий по рассматриваемому критерию — плотности поверхностного загрязнения, загрязнению продукции, индивидуальной/коллективной дозе облучения), задания разных контрмер и формирования сценариев исследования для последующего анализа, сравнения и принятия соответствующих решений (см. рис. 3). Представление выходной информации в виде карт, графиков, диаграмм, таблиц включает все результаты оценок по загрязнению населения и эффективности контрмер, в том числе интеграцию однородных



Р и с. 3. Последовательность использования различных модулей PRANA

оценок от исходных полигонов (поля, населенного пункта) до хозяйства, выделенной группы хозяйств, района и региона в целом. Работа в режиме «локального уровня» (на уровне отдельного хозяйства) дает возможность более гибкого применения возможностей системы по заданию и исследованию (сценариев) защитных мер и представлению выходной информации.

Примеры модельных оценок. В качестве примера рассматриваются две системы защитных мероприятий: административные защитные меры $KM_1 = \{\text{запрет на потребление местной загрязненной продукции}\}$, т.е. продукция (молоко, мясо, картофель, дары леса — грибы и ягоды) с загрязнением выше установленных ВДУ не употребляется в пищу местным населением, и сельскохозяйственные контрмеры $KM_2 = \{\text{сельхозугодья с загрязнением выше } 40 \text{ Ки/км}^2 \text{ выводятся из оборота, в зоне загрязнением } 15\text{--}40 \text{ Ки/км}^2 \text{ проводится коренное улучшение пастбищ и сенокосов и комбинированные мероприятия на пахотных угодьях, } 5\text{--}15 \text{ Ки/км}^2 \text{ — поверхностное улучшение пастбищ и сенокосов и, если возможно, известкование пахотных угодий (во всех случаях контрмеры проводятся только в случае загрязнения соответствующей угодью и}$

структуре севооборота продукции выше установленных ВДУ), если после указанных контрмер загрязнение молока на соответствующем пастбище выше ВДУ — используется цезийсвязывающее вещество феррацин}. Результаты модельных оценок указанных сценариев на 1992 г. приведены в таблице на примере с. Новые Бобовичи (хозяйство «Решительный») и с. Тростань (хозяйство «Новозыбковский») Новозыбковского р-на Брянской обл. Согласно данным [16] на 1991—1992 г. средняя плотность поверхностного загрязнения ^{137}Cs , внешняя и внутренняя доза облучения жителей с. Новые Бобовичи равны 26,3 Ки/км², 2,4 и 2 мЗв/год соответственно (для хозяйства «Решительный» средняя плотность загрязнения 27,5 Ки/км², эффективная доза 4,37 мЗв/год), для с. Тростань указанные величины равны 12,5 Ки/км², 1,14 и 1,14 мЗв/год (хозяйство «Новозыбковский» — 11,5 Ки/км² и 2,7 мЗв/год соответственно). В таблице приведены также средние/интегрированные данные для указанных хозяйств и Новозыбковского р-на в целом. Модельные оценки внешней дозы облучения для рассматриваемых населенных пунктов близки к данным [16]: 2,6 и 1,3 мЗв/год соответственно. После проведения контрмер по сценарию КМ₁ в с. Новые Бобовичи модельная оценка внутренней дозы 0,2 мЗв/год в 10 раз меньше официальных данных [16], что говорит о потреблении местным населением продукции с загрязнением выше ВДУ (хозяйство «Решительный» находится в основном в зоне загрязнения свыше 15 Ки/км²). В то же время оценка внутренней дозы после применения сельскохозяйственных контрмер КМ₂ 1,7 мЗв/год близка к данным [16]. Для с. Тростань оценки внутренней дозы по сценариям КМ₁ и КМ₂ близки к данным мониторинга [16] (хозяйство «Новозыбковский» расположено в основном в зоне загрязнения до 15 Ки/км²). В таблице приведена также предотвращенная коллективная доза для рассматриваемых сценариев применения контрмер. Для Новозыбковского р-на в целом (годовая) предотвращенная коллективная доза сельского населения для сценариев КМ₁ и КМ₂ равна 102 и 91 чел.·Зв соответственно, для хозяйств «Решительный» и «Новозыбковский» 9,4 и 7,8 чел.·Зв, 10,1 и 9,9 чел.·Зв соответственно. Несмотря на то, что по критерию «предотвращенная доза облучения местного населения» сценарий КМ₁ предпочтительнее КМ₂, применение сельскохозяйственных контрмер приводит к росту чистой продукции (например, среднее загрязнение молока для Новозыбковского р-на в целом и для хозяйств «Решительный», «Новозыбковский» согласно модельным оценкам изменяется соответственно следующим образом (без контрмер/после применения КМ₂): 37/4,3, 76/8,1, 19/4,8 нКи/л; использование сельскохозяйственных контрмер ведет также к потенциальному уменьшению коллективной дозы облу-

Результаты модельных оценок сценариев КМ₁ и КМ₂

Объект исследования	Доза		
	средняя эффективная (внешнее и внутреннее облучение), мЗв/год	средняя внутреннего облучения, мЗв/год	коллективная, чел.·Зв/год
с. Новые Бобовичи	12/2,8/4,3*	9,4/0,2/1,7	11,7/2,7/4,2
Хоз-го «Решительный»	12,1/2,8/4,3	9,5/0,3/1,8	12,2/2,8/4,4
с. Тростань	8,6/2,5/2,7	7,3/1,2/1,2	8,7/2,5/2,8
Хоз-во «Новозыбковский»	7,8/2,6/2,7	6,2/1/1,1	15,1/5/5,2
Новозыбковский район	8,2/2,5/3,1	6,3/0,6/1,2	147/45/56

*Без использования контрмер/в результате использования контрмер по сценарию КМ₁/после применения контрмер по сценарию КМ₂.

чения [15] (указанная предотвращенная доза для сценария KM_2 по Новозыбковскому р-ну равна 1054 чел.·Зв); кроме того, эффективность затрат для сценария KM_1 по всему району равна 46 тыс. руб./чел.·Зв, для KM_2 — 28 тыс. руб./чел.·Зв и соответственно по этому критерию сценарий KM_2 предпочтительнее KM_1 . Решение об эффективности/неэффективности контрмеры или системы контрмер, а также о предпочтении одной системы контрмер другой принимается экспертом после тщательного анализа радиологических, экономических, а также полученных на их основе комплексных показателей.

Заключение. Разработанный с использованием современной геоинформационной технологии прототип компьютерной системы PRANA предназначен для анализа защитных мероприятий в агросфере на подвергшихся радиоактивному загрязнению территориях, обеспечивая вычисление и необходимую интеграцию всех основных величин и критериев. Разработка системы поддержки принятия решений PRANA проводится в рамках проекта МНТЦ № 150. В настоящее время дополнительно реализуются алгоритмы оптимизации структуры системы контрмер с учетом агроэкологических и финансовых ограничений.

Авторы выражают благодарность М.Н. Савкину и В.А. Кутькову за участие в разработке дозовых моделей, В.Ф. Демину — за разработку моделей оценки риска, а также Р.М. Алексахину, А.Н. Ратникову, Б.Г. Лисянскому, А.В. Васильеву и А.А. Новикову за консультации по радиоэкологии и агроэкологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каневский М.Ф., Краюшкин И.Е., Коптелова Н.А. и др. Разработка прикладных интегрированных систем в радиоэкологии. — В сб.: Проблемы безопасного развития атомной энергетики. М.: Наука, 1993, с. 165—195.
2. Decision making support for off-site emergency management. — *Rad. Prot. Dosim.*, 1993, v. 50, № 2—4.
3. Ehrhardt J., Shershakov V., Zheleznyak M., Mikhalevich A. RODOS: decision support system for off-site emergency management in Europe. The radiological consequences of the Chernobyl accident. — In: *Proc. Intern. Conf.*, Minsk, Belarus, 18—22 March, 1996. European Commission, EUR 16544 EN, p. 1087—1096.
4. Arutyunyan R.V., Bolshov L.A., Demianov V.V. e.a. Environmental decision support system on base geoinformational technologies for the analysis of nuclear accident consequences. — *Ibid.*, p. 539—542.
5. Morrey M., Dovgiy S., Yatsalo B. e.a. Decision support systems for the postemergency management of contaminated territories. — *Ibid.*, p. 453—464.
6. Yatsalo B., Mirxabasov O., Okhrimenko I. e.a. Computer DSS for assessment of countermeasure strategy in the long-term period of liquidation of the consequences of a nuclear accident (agrosphere). — In: *Proc. 1996 Intern. Congr. on Rad. Prot. IRPA9*, April 14—19, 1996, v. 2, p. 747.
7. Рекомендации по ведению сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории в результате аварии на ЧАЭС на период 1991—1995 гг. Под ред. Р.М. Алексахина. М., Госагропром СССР, 1991. 58 с.
8. The Transfer of Radionuclides Through the Terrestrial Environment to Agricultural Products, Including the Evaluation of Agrochemical Practices. Ed. by G. Rauret, S. Firsakova, *Intern. Sci. Collaboration on the Consequences of the Chernobyl Accident (1991-95)*, ECP2 Final Rep. European Commission, EUR 16528 EN, 1996.
9. Behaviour of Radionuclides in Natural and Semi-Natural Environments. Ed. by M. Belli, F. Tikhomirov. *Intern. Sci. Collaboration on the Consequences of the Chernobyl Accident (1991-95)*, ECP5 Final Rep. European Commission, EUR 16531 EN, 1996.
10. Transfer of Radionuclides to Animals, Their Comparative Importance under Different Agricultural Ecosystems and Appropriate Countermeasures. Ed. by P. Strand, B. Howard, V. Averin. *Intern. Sci. Collaboration on the Consequences of the Chernobyl Accident (1991-95)*, ECP9 Final Rep. European Commission, EUR 16539 EN, 1996.
11. Recommendations of the ICRP, Public. № 60. International Commission on Radiological Protection, 1990. Oxford: Pergamon Press, 1991.
12. International Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency. IAEA, Safety Series № 109. Vienna, 1994.
13. Fesenko S.V., Sanzharova N.I., Wilkins B.T., Nisbet A.F. FORCON: local decision support system for the provision of advice in agriculture — methodology and experience of practical implementation. — *Rad. Prot. Dosim.*, 1995, v. 64, № 1/2, p. 157—164.

14. Demin V.F. Risk analysis in application to post-accident management. — In: Proc. of the 1996 Intern. Congr. on Rad. Prot. IRPA9, April 14—19, 1996, v. 3, p. 134—136.
15. Яцало Б.И., Ратников А.Н., Мирзеабасов О.А. Радиолого-экономическая оценка эффективности сельскохозяйственных мероприятий на загрязненных территориях. — Доклады РАСХН, 1996, № 2, с. 6—8.
16. Справочник по радиационной обстановке и дозам облучения в 1991 г. населения районов РФ, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на ЧАЭС. Под ред. М.И. Балонова. НИИ радиационной гигиены. С.-Петербург, 1993. 147 с.

Поступила в Редакцию 9.08.96

Р е ф е р а т ы с т а т е й

УДК 621.039

Шуровская М.В., Алферов В.П., Пинегин А.А., Хромов В.В. Разработка и верификация расчетной модели ИРТ МИФИ. — Атомная энергия, 1996, т. 81, вып. 5, с. 323—328.

Представлены результаты, полученные в процессе создания и верификации комплекса программ для расчета активной зоны. Описана трехмерная (в x , y , z -геометрии) диффузионная многогрупповая модель, реализованная в программе TIGR, и ее библиотека констант, подготовленная по программе GETERA. Приведены результаты исследований по выбору параметров расчета, обеспечивающих выполнение принципа равноточности модели. Исследовано влияние различных конструктивных и технологических неопределенностей информации об активной зоне на разброс расчетных результатов. С учетом разброса установлены требования к расхождению расчета и эксперимента. Приведены результаты сопоставления расчета и эксперимента при моделировании эксплуатации ИРТ МИФИ. Установлены границы возможного расхождения расчетной и экспериментальной реактивности (от $-0,4\beta$ до $0,7\beta_{эф}$) при моделировании заявленных режимов эксплуатации. Рис. 1, табл. 2, список лит. 8 назв.

УДК 621.039.5

Носовский А.В. Эксплуатация Чернобыльской АЭС в послесаварийный период. — Атомная энергия, 1996, т. 81, вып. 5, с. 329—333.

Начиная с истории ввода в эксплуатацию энергоблоков Чернобыльской АЭС, рассматриваются проблемы, стоящие перед коллективом станции в послесаварийный период. Обсуждаются выполненные мероприятия по повышению безопасности энергоблоков, приведению радиационной обстановки к норме, а также воздействие психологического фактора на уровне культуры безопасности.

УДК 621.039.53

Рисованный В.Д., Клочков Е.П., Варлашова Е.Е. Органы регулирования на основе гафния и титаната диспрозия для тепловых водоохлаждаемых реакторов. — Атомная энергия, 1996, т. 81, вып. 5, с. 333—340.

Исследованы коррозионная, радиационная стойкость образцов титаната диспрозия и гафния, облученных при 290—600 °С в реакторах МИР, СМ, БОР-60 до максимального флюенса нейтронов $7,2 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-2}$, а также титаната диспрозия из органов регулирования Нововоронежской, Ленинград-

ской АЭС. Послереакторные испытания включали рентгено- и металлографические исследования, которые показали высокую радиационную и коррозионную стойкость титаната диспрозия и гафния. Гафний имеет более высокие характеристики, что в совокупности с высокой исходной эффективностью нейтронов придает ему дополнительные эксплуатационные преимущества. Рис. 8, список лит. 6 назв.

УДК 621.039.52.034.6

Громов Б.Ф., Орлов Ю.И., Тошинский Г.И., Чекунов В.В. Ядерные энергетические установки с теплоносителем свинец—висмут. — Атомная энергия 1996, т. 81, вып. 5, с. 340—347.

В статье изложен опыт освоения теплоносителя свинец—висмут, использованного для охлаждения ЯЭУ атомных подводных лодок. На основе накопленного опыта сделаны выводы по схеме и основному оборудованию реакторных установок с этим теплоносителем применительно к атомным станциям малой и средней мощности. Показано, что природные свойства теплоносителя свинец—висмут в сочетании с физическими особенностями быстрого реактора и интегральной компоновкой оборудования первого контура позволяют создать ЯЭУ с принципиально более высоким уровнем безопасности по сравнению с ЯЭУ традиционных типов, в которых за счет внутренней самозащитности детерминированно исключены причины наиболее тяжелых аварий. Приведены результаты проработок атомных станций малой и средней мощности с теплоносителем свинец—висмут в первом контуре в транспортабельном, плавучем и наземном использовании. Список лит. 9 назв.

УДК 631.039

Бабыкин А.С., Балунов Б.Ф., Вахрушев В.В., Кууль В.С., Тарасов Г.И., Фальков А.А. Допустимые тепловые потоки при охлаждении снизу горизонтальной слабонаклонной поверхности. — Атомная энергия, 1996, т. 81, вып. 5, с. 347—352.

Приводятся результаты экспериментального исследования интенсивности однофазной теплоотдачи и условий ухудшения теплоотдачи на плоской пластине, расположенной в большом объеме. Опыт проведен при 18 сочетаниях длины, толщины и угла наклона пластины, в диапазоне изменения давления 0,1—3,7 МПа и недогрева до температуры насыщения 0—115К. Предложены расчетные рекомендации. Рис. 4, список лит. 8 назв.

Окончание см. на обложке