

активности в окружающей среде из отверженных отходов при проведении сравнительно кратковременных опытов (США). Разрабатывается отверждение наиболее долгоживущего и одного из наиболее летучих радиоизотопов ^{129}I : до 18% иода в виде иодата бария предложено включать в цемент. Считают, что постоянная изоляция на огромное время, которое требуется для ^{129}I , гарантирована быть не может, но комбинация изоляции и разбавления будет препятствовать опасному влиянию на нынешнее и будущие поколения. Ведется поиск природных аналогов для определения возможных изменений в отверженных отходах в период длительного хранения при ограниченном времени лабораторных экспериментов, рассмотрена стабильность природных стекол (древнейшие вулканические стекла имеют возраст 40 млн. лет, но большинство из них много молеж), определены скорости гидратации для вулканических стекол в зависимости от состава, температуры и климата.

В докладе Г. Мак-Карти (США) рассматривается целесообразность гидротермального контакта отверженных отходов с породой, в результате которого некоторые радионуклиды (а может быть и большинство) провазимодействуют с алюмосиликатными породами (но не с соляными формациями), что может привести к образованию новых термодинамически стабильных и малорастворимых минералоподобных фаз.

В США исследуется взаимодействие остеклованных имитирующих отходов с породами: система в течение месяца поддерживалась в нагретом состоянии, после чего проводили рентгеноструктурный и электронно-микрорафический анализы по 17 элементам. Подробно обсуждается соляная формация как среда для захоронения отверженных отходов. Отмечается, что хотя эти формации содержат в среднем менее 1% воды, локально ее содержание может быть выше в 5 раз и более, под воздействием различных сил жидкость в солях мигрирует со скоростью от нескольких миллиметров до 1 м/год. К тому же раствор хлоридов может собираться около контейнеров с отходами и вызывать их коррозию (США).

На симпозиуме обсуждалось радиационное воздействие на природную и искусственную каменную соль и гидротермальное воздействие солевого рассола на стекла при 350 °С. В качестве геосреды для вечного захоронения отверженных отходов предлагают рассматривать также туфы (материал имеет высокие сорбционные свойства за счет высокого до 70% содержания цеолитов; клинопти-

лолит — основной цеолитовый минерал в глубоководных туфах, устойчивый до 700 °С) и CaSO_4 (малая растворимость, высокая теплопроводность, незначительные включения жидкости характеризуют этот материал как среду, более пригодную для размещения отходов, чем каменная соль). Отмечалась важность организации «банка» экспериментальных результатов для моделей, которые позволят предсказать поведение, в том числе миграцию, радионуклидов в течение длительного периода времени, а также глубину экстраполяции лабораторных исследований. Интересные результаты в этом плане могут дать наблюдения, проводимые на территории природного ядерного реактора в Окло.

Рассмотрению термодинамики процессов миграции радионуклидов в геосфере и исследованию сорбционных свойств глинистых и скальных пород были посвящены доклады специалистов США, Швеции и ФРГ. Закачка бензина в разрушенные скальные породы является эффективным средством сокращения миграции радионуклидов от хранилища отходов в окружающую среду (Швеция).

На симпозиуме сообщалось, что химическое взаимодействие между отходами и близлежащей геосферой может играть определяющую роль в их миграции. Так, коррозия металлического контейнера может привести к переходу в грунтовую воду ионов поливалентных металлов в количестве, достаточном для ингибирования ионообменного удержания радионуклидов близлежащими минералами, сорбция на силикатных материалах — к разделению и созданию зон повышенной концентрации определенных радионуклидов внутри хранилища. Необходимое время жизни канистры — одного из барьеров против попадания радионуклидов в биосферу будет определяться либо системной анализом степени риска, либо законодательными требованиями (США). Предусматриваются канистры для отверженных отходов — из титана (Швеция), для отработавших твэлов — медные, из $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (Швеция), из стеклокерамического β -сподумена (США). Интересны материалы по коррозии 11 образцов материалов баллонов для длительного хранения ^{85}Kr , по цементам и другим низкотемпературным связующим для отверждения радиоактивных отходов, по разработке математических моделей оценки основных аспектов обращения с высокоактивными отходами.

СПИЦЫН В. И., ПОЛЯКОВ А. С.

Совещание экспертов о влиянии ядерной энергетики на окружающую среду

В работе совещания, состоявшегося в ноябре 1978 г. в Женеве (Швейцария), участвовали специалисты Австралии, Австрии, Великобритании, Аргентины, Испании, Канады, Китая, Польши, СССР, Турции, Франции, Швейцарии, Швеции и Японии, а также представители международных организаций: ЮНЭП, МАГАТЭ, МНРЗ, НКДР, ВОЗ, ЕЭК и Всемирного церковного совета. Председателем совещания был видный ученый Швеции директор института радиационной защиты Б. Линдлелл.

На совещании обсуждался проект доклада «Влияние ядерной энергетики на окружающую среду», подготовленный специалистами во главе с Эль-Хиннави, председателем энергетической программы и руководителем совета по состоянию окружающей среды при ЮНЭП. Это совещание явилось одним из серии совещаний по оценке влияния различных источников получения энергии (органическое, ядерное топливо и др.) на человека и окружающую среду.

В проекте доклада приведены данные о современном состоянии и прогнозных оценках развития традиционной и ядерной энергетики в мире до 2000 г., дозовых нагруз-

ках за счет различного вида радиационного воздействия на человека в США, Великобритании и Канаде, типах ядерных реакторов и их использовании до 2000 г. Особое внимание уделено источникам и путям поступления радиоактивных и химических веществ, тепла в окружающую среду, возможным воздействиям на человека и окружающую среду, дозовым нагрузкам на человека при осуществлении всех операций ядерного топливного цикла, от добычи урановой руды до переработки отработавшего ядерного топлива. Рассмотрены важнейшие в ядерном топливном цикле операции захоронения высокоактивных отходов и меры при демонтаже АЭС после ресурсной их отработки.

По оценкам МАГАТЭ, которые совпадают с данными других организаций, ядерная энергетика в 1985 г. будет обеспечивать 11—13%, в 2000 г. около 17—20% общей потребности электроэнергии мира. При этом установленная мощность АЭС составит в 1985 г. 350—400 ГВт (эл.), в 2000 г. 1500—1800 ГВт (эл.). Мировое производство урана в 1972—1975 гг. составило 19—20 тыс. т/год,

в 1977 г. 30 тыс. т/год, в 1990 г. оценивается ~0,8—1 млн. т/год, к 2000 г. 2—3 млн. т/год. Коммерческим для производства электроэнергии до 2000 г. в основном будет водо-водяной реактор.

Основными факторами воздействия ядерного топливного цикла на человека и окружающую среду, а также возможными критериями для сравнения топливных циклов производства электроэнергии согласно приведенным в докладе ЮНЭП данным могут являться:

количество смертельных случаев и заболеваний работников, занятых в производстве;

удельные (на ГВт (эл.)/год) выходы вредных веществ и тепла в окружающую среду и их влияние на человека и биосферу;

затраты на сокращение выделения вредных веществ с отвалов и хвостохранилищ до установленных норм;

нарушенные и невозвращаемые земельные участки; удельные значения использованных природных ресурсов (земельных участков, воды, органического топлива, воздуха).

Рассмотрим некоторые количественные данные по указанным факторам воздействия ядерного топливного цикла на человека и окружающую среду.

У шахтеров, добывающих урановую руду, число смертельных случаев составляет 0,1—0,5 на ГВт (эл.)/год, число заболеваний раком легких $1,5 \cdot 10^{-4}$ чел./год. Некоторые эксперты заявили, что подобные данные могут быть представлены и для других этапов ядерного топливного цикла.

Для производств ядерного топливного цикла в докладе приведены характерные отходы и их количественная оценка. Так, при добыче руд основными видами воздействия на окружающую среду являются: нарушение земли, отвалы, шахтные дренажные воды, загрязнение атмосферы

пылью и радионуклидами. Годовое выделение радона с поверхности рудника, который обеспечивает работу АЭС мощностью 1 ГВт (эл.), составляет 100 Ки. В процессе переработки ~70% активности руды остается нерасщепимой в хвостах. Для хранения хвостов необходима площадь в 120 га на 1 ГВт (эл.). Хвостохранилища могут быть источником загрязнения атмосферы и грунтовых вод радионуклидами, поэтому для сокращения их поступления в окружающую среду до установленных норм потребуются проведение специальных работ. Подобные данные приводятся и для других производств ядерного топливного цикла.

В докладе дается оценка дозы облучения населения при осуществлении операций ядерного топливного цикла. Указывается, что в настоящее время доза облучения населения за счет ядерной энергетики составляет небольшое значение (0,003—0,25 мбэр/год при общем облучении человека 160—180 мбэр/год за счет естественной радиации, медицинских процедур и др.). Развитие ядерной энергетики до 2000 г. не внесет существенного изменения в эти данные.

Доклад является суммирующим, справочным материалом об источниках и количестве образующихся, а также поступающих отходов в окружающую среду на всех операциях ядерного топливного цикла и возможных дозовых нагрузках на человека до 2000 г. В связи с замечаниями экспертов он будет доработан и использован при сравнении влияния на человека и окружающую среду различных источников производства энергии. Предполагается, что заключительное совещание по сравнению влияния различных видов производства энергии состоится в октябре — ноябре 1979 г.

ИЛЬИН Л. А., КАРПОВ В. И.

Научно-техническое совещание «Энергетика и охрана окружающей среды»

Совещание, состоявшееся в ноябре 1978 г. на ВДНХ СССР, включало вопросы защиты воздушного бассейна и водоемов от выбросов тепловых и атомных электростанций. На совещании работало три секции, в том числе по охране окружающей среды при выработке энергии на АЭС, в работе которой участвовали представители научно-исследовательских, конструкторских, проектных организаций и АЭС.

Большое внимание было уделено санитарно-гигиеническим аспектам охраны окружающей среды от загрязнений отходами АЭС. При оценке уровня возможного радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды основным критерием являются гигиенические нормативы, регламентирующие предел годовой дозы, которая обусловлена внешним и внутренним облучением критической группы населения, а также рабочие пределы содержания отдельных радионуклидов и их смесей в атмосферном воздухе и воде. В докладе Н. Г. Гусева рассмотрены основные положения нового проекта «Санитарных правил проектирования и эксплуатации АЭС» (СП-АЭС-78). Они будут введены вместо «Санитарных правил проектирования атомных электростанций» № 38/3-68. Основное внимание в докладе уделено обоснованию физических аспектов: дозовой квоты, дозы аварийного облучения, газоаэрозольных выбросов и т. п. Предлагаются более жесткие нормы допустимого нормированного выброса (ДНВ) на 1000 МВт (эл.) номинальной мощности и предельно-допустимого выброса (ПДВ) на АЭС в целом (табл. 1). Под РБГ понимается любая смесь радиоактивных благородных газов искусственного происхождения. Долгоживущие нуклиды — аэрозоли, осаждаемые на фильтре в течение 1 сут и измеренные через 1 сут после снятия пробы. Они включают аэрозоли всех радионуклидов, оставшихся на фильтре

через 2 сут после начала осаждения. Короткоживущими нуклидами названы радиоактивные аэрозоли, осаждаемые на фильтре в течение 2 ч и измеренные через 1 ч после снятия пробы. Они содержат аэрозоли радионуклидов, оставшихся на фильтре через 3 ч после начала осаждения. Допускается однократный (или суточный) выброс радионуклидов, превышающий в 5 раз среднесуточные значения при условии, что суммарный выброс за неделю не будет превышать соответствующего расчетного значения.

В новых правилах введены ДНВ и ПДВ ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{51}Cr . Опыт эксплуатации АЭС показывает, что выбросы радионуклидов значительно ниже предусмотренных (табл. 2). То же можно сказать и о долгоживущих аэрозолях.

Очистке воздуха в рециркуляционных вентиляционных системах АЭС от радиоактивных аэрозолей и иона-спринклерными системами был посвящен доклад Е. М. Клементьевой (ВТИ им. Ф. Э. Дзержинского). Сущность

Таблица 1

Норма газообразных выбросов, Ки/сут

Нуклид	ДНВ	ПДВ	Нуклид	ДНВ	ПДВ
РБГ	500	3000	Долгоживущий Короткоживущий	0,015	0,090
^{131}I (газовая и аэрозольная фазы)	0,01	0,06			