

температурах до 150° С разделение изотопов при большинстве геологических процессов подчиняется закономерностям кинетического изотопного эффекта, при температурах выше 250° С подчиняется изотопным обменным равновесиям.

В докладе А. М. Вассермана «Метод определения кислорода восстановительным плавлением в среде инертного газа и области его рационального использования» проведено сравнение данного метода с методом определения кислорода восстановительным плавлением в вакууме. Показано, что, несмотря на несколько более низкую чувствительность метода плавления в среде инертного газа, он незаменим при анализе летучих и разлагающихся материалов. Весьма перспективным можно считать метод плавления в среде инертного газа под разрежением.

В докладе А. П. Виноградова и Ю. А. Суркова сообщается о результатах изучения γ -излучения пород, составляющих поверхность Луны. Сравнение с γ -излучением пород Земли показало, что больше 90% интенсивности γ -излучения Луны происходит за счет наведенной активности. Естественная активность пород Луны близка к таковой для долеритовых базальтов. Величины общей активности γ -излучения, полученные над 39 точками лунной поверхности, свидетельствуют о том, что активность излучения над «морями» на 10% больше, чем над континентальными породами Луны. Проведенный эксперимент позволяет утверждать, что на поверхности Луны находятся породы основного состава.

В докладе А. К. Лаврухиной, Г. К. Устиновой, Т. А. Ибраева «Глубинное распределение радиоактивных частиц и радиоизотопов в телах разных размеров и составов» показано, что максимальная радиоактив-

ность, наведенная космическими лучами, должна быть сосредоточена в слое толщиной 30 см. Из сопоставления данных о распределении некоторых изотопов в метеоритах и поверхностных слоях больших тел делаются выводы о возможных причинах расхождения радиационных возрастов метеоритов, в связи с чем проводится критическое рассмотрение отдельных гипотез происхождения метеоритов.

Доклад В. И. Баранова, Ф. И. Павлоцкой, Э. Б. Тюрюкановой посвящен наблюдениям за радиоактивностью внешней среды, обусловленной глобальными выпадениями Sr^{90} и других продуктов экспериментальных ядерных взрывов. Показано, что поведение Sr^{90} определяется типом почвы, характером растительности, геоморфологическим строением местности, гидрометеорологическими условиями и интенсивностью поступления его на земную поверхность. Помимо концентрирования Sr^{90} в перегнойном горизонте, расположенном под слоем подстилки, наблюдается накопление его в верхней части иллювиального горизонта дерново-подзолистых почв и выщелоченных черноземов, в карбонатном горизонте типичных черноземов и гипсовом горизонте каштановых почв. Cs^{137} и Ce^{144} аналогично Sr^{90} концентрируются в перегнойном горизонте. В почвах лесной зоны наблюдается следующий ряд увеличения мигрирующей способности: $Sr^{90} > Ce^{144} > Cs^{137}$. Во всех видах выпадений основная часть Sr^{90} находится в растворимой форме, а Ce^{144} в нерастворимой в воде форме. В твердой фазе Sr^{90} имеет 60%, а Ce^{144} 13% обменной формы. В водорастворимом состоянии Sr^{90} существует в виде катиона, а Ce^{144} в значительной части в виде аниона и нейтрального соединения.

Б. Н. РЫЖЕНКО

Симпозиум по термализации и реакторным спектрам нейтронов

С 17 по 21 июля 1967 г. в Мичиганском университете (США, г. Анн-Арбор) был проведен Симпозиум по термализации и реакторным спектрам нейтронов, организованный МАГАТЭ. После Брукхейвенской конференции 1962 г. это второе международное совещание по термализации нейтронов.

На симпозиум было представлено 72 доклада от 28 стран, в том числе 12 — от Советского Союза. Доклады были разбиты на четыре тематические группы:

- 1) общая теория термализации нейтронов;
- 2) законы рассеяния для реакторных материалов;
- 3) угловая, пространственная и температурная зависимости спектров нейтронов; измерение спектров и спектральных индексов в различных системах;
- 4) проблемы нестационарной термализации нейтронов.

Большинство теоретических докладов посвящено анализу общих свойств кинетического уравнения (в частности, анализу спектра операторов), определяющих асимптотические распределения нейтронов при больших временах и на больших расстояниях от источника. В докладе Вильямса (Великобритания) исследован характер спада потока нейтронов в тонких призмах вдали от плоского источника. Вильямс показал, что при уменьшении диаметра призмы затухание потока нейтронов на асимптотически больших расстояниях перестает быть экспоненциальным, и получил выражение для критического диаметра. В теоретических докладах рассматриваются в основном вопросы, имеющие академический интерес, и мало внимания уделяется

вопросам развития методов оценки асимптотических спектров, улучшения методов решения кинетического уравнения.

В этом отношении доклады, представленные советскими учеными (В. И. Лебедев, Н. И. Лалетин), отличаются своей практической направленностью и достаточно высоким теоретическим уровнем. Так, В. И. Лебедев обосновал предложенный им эффективный КР-метод решения кинетического уравнения и получил тонкие оценки скорости сходимости.

В некоторых теоретических докладах развивается теория распространения нейтронных волн от импульсного локализованного источника. В работе Мура и Микаэля (США) эксперименты с отравлением поглотителем, импульсные и волновые опыты рассматриваются с единой точки зрения. Введенное ранее понятие обобщенного закона дисперсии позволяет связать параметры, измеряемые в этих экспериментах.

Обзор данных о законах рассеяния нейтронов содержится в докладах Глезера (ФРГ) и Бейстера, Нейла (США). Уже получены экспериментальные данные о всех, практически важных замедлителях (вода, графит, бериллий, тяжелая вода, гидриды некоторых металлов, органические замедлители). Для них построены упрощенные модели и разработаны методы расчета дважды дифференциальных сечений, апробированные по экспериментальным законам рассеяния. В США и Англии имеются программы для вычисления сечений. Наиболее популярной из программ является, по-видимому, GASKET. Результаты расчетов законов рассеяния,

предварительно проверенные по экспериментальным данным для сечений и спектров, собраны в специальные сборники.

В докладах симпозиума содержатся новые данные о законах рассеяния для H_2O , D_2O , графита, гидридов металлов, UO_2 , бериллия, UC и органических замедлителей (в основном бензола, которому посвящено наибольшее число работ). С методической точки зрения представляют интерес работы, выполненные в Ренселерском политехническом институте (США), в которых впервые описана методика измерений неупругого рассеяния нейтронов на ускорителе и интересные результаты. Заслуживает внимания доклад Слагги (США), в котором подробно анализируется вопрос о влиянии многократного рассеяния при измерении дважды дифференциальных сечений.

Ведущий американский специалист по расчету спектров тепловых нейтронов Г. Хонек сделал обзорный доклад по программам, применяющимся за рубежом для вычисления пространственно-энергетического распределения тепловых нейтронов в реакторах. Это в основном многогрупповые программы, в которых применяются достаточно точные методы решения кинетического уравнения (S_N -метод, методы Монте-Карло, прямое интегрирование). В некоторых лабораториях отдельные программы объединены в большие системы, позволяющие целиком осуществить физический расчет реактора. Следует, однако, отметить, что за рубежом нет заметного прогресса в разработке новых методов решения кинетического уравнения. Если в СССР в этой области получено много новых результатов (развиты методы переменных направлений, метод квазидиффузии, КР-метод, нелинейные методы и т. д.), то за рубежом в основном идут по пути использования все более мощных машин (с увеличением числа групп, сгущения пространственных сеток, более широкого использования методов Монте-Карло) без существенной модернизации алгоритмов.

Большого совершенства достигла техника измерения пространственно-энергетического распределения нейтронов. Продолжают применяться и совершенствоваться как интегральный (метод радиоактивных индикаторов), так и дифференциальный методы измерения. В докладе Стенфорда (США) подробно рассмотрен вопрос о современном состоянии метода радиоактивных индикаторов, а в семи других докладах описаны измерения, выполненные указанным методом. Для преодоления основной трудности метода, заключающейся

в сложности интерпретации результатов измерений, широко используется вычислительная техника, что позволяет сравнить измеренную активность с рассчитанной или восстановить истинный вид энергетического распределения нейтронов (при некоторых предположениях о его общих свойствах). Дифференциальный метод (обычно метод времени пролета) дает большую точность при измерении формы спектра, однако при изучении сложных систем наталкивается на серьезные трудности, связанные с возмущением каналом потока нейтронов. Этот вопрос подробно обсуждался на симпозиуме.

Изучению спектров нейтронов, формирующихся в различных системах, посвящена большая часть докладов симпозиума. Теория позволяет с хорошей точностью рассчитать спектр в бесконечной среде с поглощением, так как при этом используются реалистичные модели замедлителей. Значительно труднее для описания процесс термализации в среде с существенными неоднородностями. В шести докладах, из которых два представлены советскими учеными, изучается спектр нейтронов вблизи границы с черным поглотителем и резким скачком температуры. Показано, что при корректном учете эффекта анизотропии результаты расчета совпадают с экспериментальными.

Многие работы посвящены исследованию конкретных реакторных решеток. Точный расчет распределения нейтронов в сложных решетках — весьма трудная задача. Как видно из докладов, расхождения между расчетом и экспериментом могут составлять десятки процентов. Различия особенно заметны в плотных решетках и решетках с плутонием, у которого велико сечение поглощения в переходной области спектра.

Подробный обзор проблем термализации с исследованием временной зависимости спектров подготовил М. В. Казарновский. Так же, как и в работах, обсуждавшихся в 1964 г. на специальном симпозиуме МАГАТЭ в Карлсруэ, много внимания по-прежнему уделялось вопросу о выделении основной временной гармоникой в экспериментах с импульсными источниками нейтронов. Несколько работ посвящено изучению распространения нейтронных волн в замедлителе. В отдельных докладах обсуждались эксперименты по нестационарной термализации, проводимые при помощи резонансных детекторов и более совершенной методики времени пролета, требующей использования линейных ускорителей.

Л. В. МАЙОРОВ, А. А. ЧЕРНЫШЕВ

Использование изотопов в гидрологии и гидрогеологии

С 24 по 28 июля 1967 г. состоялось второе заседание Рабочей группы Координационного совета Международного гидрологического десятилетия (МГД) по использованию ядерных методов в изучении водонасыщенных и ненасыщенных зон.

В работе группы приняли участие представители Англии, Израиля, Индии, Италии, СССР, Франции, ФРГ, Швеции, а также МАГАТЭ и других международных организаций.

Рабочая группа обсудила состояние и направления развития ядерных и изотопных методов в гидрологии и гидрогеологии, подвела итоги международных симпозиумов, которые состоялись в 1966—1967 гг., рассмотрела и приняла терминологический словарь по нейтронным влагомерам. Кроме того, был рассмотрен

вопрос о подготовке методического руководства по использованию радиоактивных и стабильных изотопов при гидрологических и гидрогеологических исследованиях. Обсуждались также вопросы, связанные с текущей деятельностью технического секретариата Рабочей группы, сотрудничества с развивающимися странами, и был принят план дальнейшей работы.

При обсуждении использования ядерных методов в гидрологических и гидрогеологических исследованиях за период, прошедший с первого заседания, было отмечено, что в области изучения ненасыщенных зон продолжают развиваться нейтронные и γ -методы, которые в настоящее время считаются вполне отработанными в методическом отношении для использования гидрологами. С целью оказания методической помощи гидро-