

#### **4. ОТКРЫТОСТЬ СИСТЕМЫ И СДВИГИ РАДИОАКТИВНЫХ РАВНОВЕСИЙ**

Природные руды содержат накопленные за миллионы лет радиоактивные элементы, которые извлекаются из недр при добыче угля, нефти и т.п. В равновесии с ураном, торием находятся значимые количества дочерних радиотоксичных изотопов (Табл.3). За счет геохимических процессов и различия физико-химических свойств, элементы выносятся газовой или жидкой фазой из системы, делая ее открытой. Закрытость систем, содержащих радиоактивные семейства, нарушается либо вследствие природных явлений, либо за счет добычи руд. При этом нарушается радиоактивное равновесие между членами этих семейств. В условиях неравновесия соотношение между отдельными членами радиоактивных рядов будет зависеть от того, когда была открыта, а затем закрыта система, с какой частотой она открывается. В природе нарушение радиоактивного равновесия, т.е. переход от закрытой системы к открытой, происходит за счет межфазных процессов в геологических формациях: растворение в водных растворах, (Т→Ж) или выделение радона из водных растворов и геологических формаций (Т, Ж→Г). Например, выход радона варьируется по величине от единиц (монацит) до 100% (растения, почва) и как бы отсекает нижнюю часть радиоактивного семейства, способствуя рассеянию радионуклидов (астата, полония, висмута, свинца, таллия). Радиоактивность природных семейств в открытой системе существенно отличается от закрытой системы. Например, для уранового семейства при 100%-ном выходе радона радиоактивность снизится на 2/3 от равновесной. Для оценки радиоактивности урановых и ториевых руд необходимо знать степень и время открытости систем с природными радиоактивными рядами.

В виду большой подвижности радия и радона и накопления их в пластовых водах, которые извлекаются при добыче нефти или газа наблюдаются значительные (в десятки тысяч раз) превышения радиоактивности в местах их добычи над фоном региона. При рассмотрении проблемы захоронения реакторных радионуклидов следует уделять внимание сдвигам радиоактивного равновесия в рядах актинидов. Например, оценивая радиоактивность кюрия или америция, направляемых на захоронение, необходимо учитывать их дочерние элементы и открытость системы.