

УДК 621.039.7 : 504.064.47

## ЭКОЛОГИЯ И ГЕОЛОГИЯ УЧАТ ОБРАЩЕНИЮ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

Поляков В.И.

*Димитровградский институт технологии, управления и дизайна,  
Димитровград*

**Безопасность радиоактивных отходов (РАО) для человека и биосферы может быть обеспечена при смене технократического мышления на экологическое и при использовании результатов геологических исследований. В области ядерных технологий реально осуществимо включение производственных отходов после их фракционирования и выдержки в техногенные циклы. Геология подтверждает возможность долговременной изоляции отходов в геологических формациях. Пример естественных ядерных реакторов в Африке, существовавших 2 млрд. лет назад, показал, что Природа смогла надёжно изолировать опасный радиационный объект, сохранив на месте радионуклидный состав пород. Создание «техногенных месторождений» вместо «техногенных помоек» - таково экологическое решение проблем РАО, отработанного ядерного топлива, снимаемых с эксплуатации ядерных реакторов.**

Проблема обращения с радиоактивными отходами (РАО) имеет огромную значимость для развития ядерной энергетики, так как определяет её приемлемость в сознании людей. Наличие РАО психологически воспринимается как фактор вечной опасности. В действительности факторы воздействия на биосферные процессы РАО вследствие их малых объёмов незначительны, по сравнению с другими техногенными сбросами, а их безопасная изоляция, по этой же причине, вполне достижима. Решение проблемы обеспечения безопасности при обращении с РАО возможно при смене технократического мышления на экологическое [1-3] и при использовании результатов геологических исследований [5, 6].

### **1. Проблема техногенных отходов**

Отходы появляются при производстве любого продукта - это аксиома технократического мышления, которая противоречит экологическим принципам. В природных биоценозах происходит полный круговорот веществ – почти безотходное производство. Человек, являясь частью Природы, отошёл от неё, стал сам производить необходимые товары и продукты, но при этом оставил без внимания утилизацию отходов. Такой подход, допустимый на ранних стадиях промышленного производства, привёл к экспоненциально быстрому возрастанию количества антропогенных отходов в XX веке.

Человечество работает на производство отходов, когда в конечное изделие попадает примерно 7 % от первичного природного сырья, а на каждого человека планеты промышленностью производится 20 т отходов ежегодно. По статисти-

стическим данным в России ежегодно производится 12-15 Гт твердых отходов, сбрасывается 60-120 Гт жидких и 50-100 Мт газообразных отходов [4]. В.И. Вернадский писал, что «человечество превращается в основную геологообразующую силу планеты». Горы отвалов «пустых» пород, из которых извлечены один-два химических элемента, - таков плод человеческой деятельности. Отвалы, терриконы, свалки вытесняют всё живое вокруг городов и посёлков, а поступление ядовитых веществ в атмосферу и реки отравляет растительность, животных и людей.

Экологическое определение: «отходы - это разнообразные по физико-химическим свойствам остатки, обладающие потенциальной потребительской ценностью, вторичные ресурсы, использование которых требует затрат для придания привлекательных для потребителя свойств». Поэтому, максимальное использование ресурсов и утилизация отходов – главная задача всех производств. Различная переработка отходов не решает проблемы, так как ксенобиотики остаются в Природе, о чём свидетельствует экологическое правило: «Отходы любого производства неустранимы: они могут быть лишь переведены из одной физико-химической формы в другую или перемещены в пространстве» [4].

Трудно разрешимая задача включения производственных отходов в техногенные циклы может стать реальной в области ядерных технологий и кардинально уменьшить объёмы РАО.

## 2. Особенности проблемы обращения с РАО

Отличие РАО от любых физико-химических отходов производства состоит в наличии очень малой весовой доли элементов, обладающих свойством самопроизвольного распада. Это свойство, часто неадекватно воспринимаемое, является полезным:

- если свинец, мышьяк, сурьма, таллий и т.п. сохраняют свойства вечно, то биологическая вредность РАО снижается с годами;

- свойство радиоактивности позволяет быстро приборными средствами контролировать эти нуклиды даже под землёй;

- радиоактивные атомы составляют очень малую долю в РАО и всегда есть возможность их выделения;

- радиоактивные источники всё чаще становятся востребованным в медицине и технике.

Количество РАО, образующихся при эксплуатации АЭС, не велико и составляет 200–1500 м<sup>3</sup> в год. Совершенствование технологий обеспечивает снижение их объёмов и принципиально возможно обеспечить их складирование за весь срок эксплуатации АЭС и долговременное хранение в здании объёмом около 30000 м<sup>3</sup>.

Из определения РАО – это «не предназначенные для дальнейшего использования вещества в любом агрегатном состоянии с активностью выше регламентируемых правилами» следует, что если вещества могут быть использованы, то это - не РАО. Отходы в технологических процессах на предприятиях и АЭС содержат повышенные по сравнению с природным содержанием в Земле концентрации редких и благородных элементов, которые понадобятся промышленности через десятки лет. Уже сейчас заметно истощение ресурсов на планете, что соответствует правилу: «Глобальный исходный природно-ресурсный потенциал в ходе исторического развития непрерывно истощается» [4].

Потребности в ресурсных материалах начинают удовлетворяться из отвалов и «хвостохранилищ». Например, на Ангарском электролизно-химическом комбинате смена технологий разделения изотопов «позволила более глубоко извлекать <sup>235</sup>U, причём себестоимость извлечения урана из «хвостов» с уже обеднённым содержанием <sup>235</sup>U меньше, чем при его извлечении из природного сырья» [5, Т.В. Усманова, с.634].

В соответствии с экологическими правилами понятия «захоронение» и «могильники» РАО должны быть исключены из нормативных документов. Задача изоляции РАО внутри биосферы на миллионы лет противоречит тенденциям расширения сферы деятельности человека, ускорения развития общества и технологий, не учитывает возможность военных конфликтов, косми-

ческих, геологических, социальных и климатических изменений. Вечная изоляция РАО нарушает принцип «экологичное всегда экономично» и «хоронятся» созданные трудом ресурсы, а принцип «радиационно-эквивалентного» захоронения не обеспечивает экологическую и геологическую эквивалентность – неизменность структур биосферы и геологических формаций. Нарушается также принцип защиты будущих поколений от чрезмерного экономического бремени, так как дисконтированные потери за период «вечного» хранения многократно превысят выгоду нашего поколения. Таким образом, концепция обращения с РАО, предполагающая их «окончательное» захоронение, не соответствует экологическим требованиям защиты биосферы.

## 3. Экологическая концепция обращения с РАО

Кардинальное сокращение объёмов РАО и исключение их захоронения возможно благодаря их свойствам: малой массе, составу, обогащённому редкими химическими элементами и радиоактивности, являющейся ценным потребительским качеством. Нуклиды из РАО с высокой вероятностью понадобятся через десятки лет, а снижение активности позволит извлекать их простыми технологиями. Это позволяет рассматривать РАО как перспективный Сырьевой Материал Атомного Комплекса – СМАК [1,2]. Предполагается фракционное разделение и последующее контролируемое хранение «отходов» разных технологических циклов. Разложенные по ячейкам в хранилищах, обеспеченные необходимыми системами безопасности, эти бывшие отходы, паспортизованные по радиохимическому составу, представляют техногенное месторождение.

Такое направление - создание «техногенных месторождений» вместо «техногенных помоек» предлагается для любых промышленных отходов [Г.Б. Наумов, 5, с. 425]. Его реализация требует знания законов природы и ведущую роль в решении задач должны играть экология и геология.

## 4. Геология о безопасности обращения с РАО

Геология способна решить экологическую задачу обеспечения защиты биосферы от излишнего антропогенного вмешательства и обеспечить безопасное хранение отходов. Геология накопила огромное количество фактов, которые подтверждают безопасность долговременной изоляции техногенных отходов в геологических формациях. Месторождения полезных ископаемых находятся на своих местах без заметного распространения в прилегающих породах сотни миллионов лет. Даже подземные ядерные взрывы, не приводят к опасному распространению радионуклидов, как показано в результате исследова-

дований в месте взрыва «Рифт-3» (1982 г, 160 км к северу от Иркутска, мощность 8000-10000 т.т.э) и в близлежащих населённых пунктах, где не выявлено каких-либо радиационных аномалий, связанных с ним». [5, В.В. Синицкий и др., с.544].

Физические исследования подтверждают, что подземные потоки воды только в слабой степени способны выщелачивать и переносить химические элементы, благодаря высоким сорбционным характеристикам песчаных и глинистых пород [5, Е.П. Каймин и др., с. 228; Л. В. Разворотнева и др., с. 495]. Полученные значения для сорбции ионов  $UO^{+2}$ ,  $Cs^{+}$ ,  $Si^{+2}$  на четырёх типах глин, когда на 1 г породы может сорбироваться 0,2; 0,9 и 0,3 г соответственно - свидетельство очень высокой задерживающей способности.

Опыт свыше 40 лет закачки РАО в подземные пласты -коллекторы подтверждает безопасность этой технологии [3,6]. Всего к настоящему времени на опытных полигонах СХК (Северск), ГХК (Железногорск) и НИИАР (Димитровград) удалено более 50 млн. м<sup>3</sup> РАО. Результаты исследований подтвердили локализацию и изоляцию отходов в пределах проектных границ горных отводов, а расчёты подтверждают будущую безопасность эксплуатации. Например, на полигоне НИИАР закачиваемые низкоактивные жидкие РАО изолированы от верхнего водоносного горизонта 6 барьерами безопасности (сорбционные свойства пород в IV проницаемой зоне, куда производится закачка, два буферных водоносных горизонта мощностью 700 м и три глинистых водоупора толщиной более 300 м). Подобная безопасность не может быть обеспечена при наземном хранении отверждённых РАО, для которых по международным правилам требуется три барьера безопасности. Глубокое хранилище РАО не может быть разрушено при террористических актах и боевых действиях. При этом себестоимость глубинной изоляции в 50-200 раз ниже альтернативного варианта их отверждения. Итак, исследования доказывают надёжность изоляции от биосферы РАО в глубоких геологических формациях.

#### 5. Экология и геология о снятии с эксплуатации АЭС

В настоящее время не разработана общегосударственная программа и нет опыта по выводу из эксплуатации энергоблоков АЭС. Задача, предлагаемая «зелёными» для атомной энергетики - возврат к «зелёным лужайкам» на месте АЭС, вряд ли выполнима и она никогда не ставилась перед предприятиями всех других отраслей промышленности. Огромные экономические затраты (300-400 млн. долларов) на «разборку» АЭС будут направлены на мероприятия по

ухудшению состояния (повышению энтропии) окружающей среды. Расширение распространения остаточной от АЭС радиоактивности в окружающей среде в процессе транспортировки и переработки РАО и сооружения «могильников» противоречат экологическим законам. «После дезактивации всего оборудования, его разрезания на детали, последующей переработки на хранение (захоронение) поступит около 20 000 м<sup>3</sup> [5, В.М. Кузнецов, с. 300]. При снятии с эксплуатации АЭС «Супер Феникс» во Франции в разряд РАО попадало всё оборудование и мебель «чистой» зоны, не имевшие радиоактивного загрязнения.

Зачем нужна полная разборка АЭС и дезактивация? Природа подсказывает надёжный способ безопасной изоляции радионуклидов от биосферы на сотни миллионов лет. Исследования пятнадцати естественных ядерных реакторов в Африке, действовавших примерно 2000 млн. лет, [5, Л.П. Рихванов, с.506 и Франсуа Готье-Ляфей, с.737] показали, что несмотря на высокую мощность реакторов (примерно 2000-3000 МВт), большие размеры (протяжённость до 20 м), длительность работы (от 1500 до 600000 лет), высокую первичную обводнённость естественных пород, длительное время после окончания их работы (примерно 1500 млн. лет), продукты деления из реактора мигрировали на расстояния не более 2 м от активной зоны. «Эти объекты фактически не проявляются на поверхности, несмотря на то, что их глубина залегания сегодня составляет 10-12 м от дневной поверхности». Это объясняется тем, что вокруг реакторов естественным путём при высокой температуре и нейтронных потоках создались защитные барьеры из пород. Авторы делают вывод: «Природа смогла надёжно изолировать опасный радиационный объект и тем самым показала человечеству, что существует принципиальный подход к решению проблемы обращения с РАО. И это направление, связанное с созданием специфических геохимических барьеров, может стать в изоляции РАО одним из основных».

Многобарьерная защита атомных реакторов АЭС не уступает по свойствам естественной африканской. Созданные защитные барьеры на пути распространения радионуклидов на АЭС надо не разрушать, а укреплять. Необходима локализация мест с повышенным уровнем радиоактивности, возможно бетонирование отсеков станции, другие мероприятия по обеспечению долговременной безопасности. На месте АЭС следует планировать формирование техногенного месторождения металлов и редких химических элементов для наших потомков.

Таким образом, экологическое решение проблемы РАО, отработанного ядерного топлива, снимаемых с эксплуатации АЭС и ядерных реакторов возможно на базе концепции формирования техногенных месторождений.

#### СПИСК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поляков В.И. Ядерная энергия без РАО.- РАН: «Энергия: экономика, техника, экология» №7, 2001, с. 8-15.
2. Поляков В.И. Перспективы решения проблемы РАО с учётом требований экологии.- Бюллетень по атомной энергии. №5, 2003, с. 34-36
3. Поляков В.И., Буквич Б.А. Экологическое решение проблемы обращения с жидкими радиоактивными отходами – ЖРО (на примере ФГУП ГНЦ РФ НИИАР). - «Радиационная безопасность: обращение с РАО», Труды VII Международной конференции С.-Петербург 27-30 сент. 2004, с. 364-366
4. Поляков В.И. Экзамен на Homo sapiens. От экологии и макроэкологии... к МИРУ.- Саранск. Изд. МГУ. 2004 г. 496 с.
5. Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. II Межд. конф. Томск. 18-22 окт. 2004. 772 с.
6. Рыбальченко А.И., Пименов М.К., Курочкин В.М. Глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов в пласты-коллекторы – безопасность, итоги, перспективы.- VII Межд. конф. Безопасность ядерных технологий. Обращение с РАО. С.-Петербург. 27.09-1.10.2004. Стр. 394-398.

#### ECOLOGY AND GEOLOGY TEACH TO HANDLE RADWASTE

Polyakov V.I.

Safety of radwaste for the humanity and biosphere can be provided in case of replacement of technocratic way of thinking with the ecological one using results of geological investigations. In the field of nuclear technologies the industrial waste can be included in the man-caused cycles after their fractioning and cooling. Geology proves the possibility of long-term waste isolation in the geological formations. The example of natural nuclear reactors existed 2 billions years ago in Africa showed that the Nature could isolate safely and reliably the radiation-hazardous object preserving its radionuclide composition. Creation of “man-caused dispositions” instead of “man-caused cesspits” is an ecological solution of problem related to radwaste, spent nuclear fuel and reactors under decommissioning.