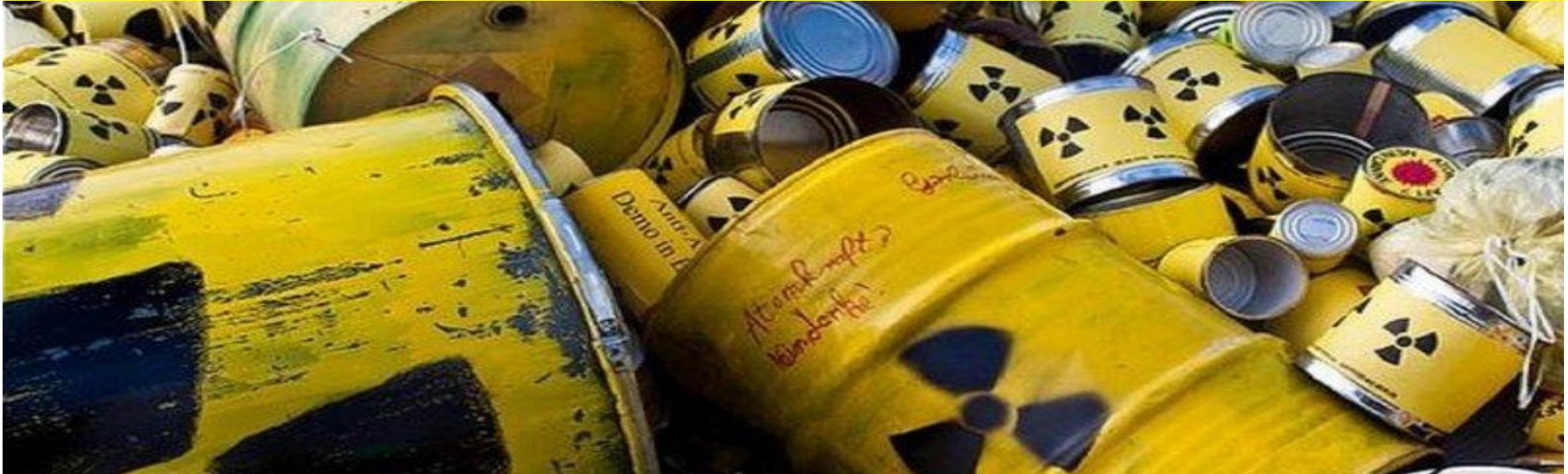




**ПЕРЕРАБОТКА И ЗАХОРОНЕНИЕ ТОКСИЧНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

**ПОДГОТОВИЛА КОТЛЯРОВА ДАРЬЯ**

**Отходы радиоактивные** - не подлежащие дальнейшему использованию вещества в любом агрегатном состоянии, материалы, изделия, оборудование, объекты биологического происхождения, радионуклидные источники, загрязненные объекты внешней среды, загрязненный грунт, в которых содержание радионуклидов превышает установленные нормами радиационной безопасности уровни.



**Отходы радиоактивные, образующиеся при добыче и переработке руд радиоактивных веществ и других полезных ископаемых** - не подлежащие дальнейшему использованию, извлеченные из недр и складированные в отвалы и хвостохранилища породы, руды, отходы обогащения и выщелачивания руд, шламы, технологические растворы, а также загрязненные материалы, оборудование, грунт, в которых содержание радионуклидов превышает уровни, установленные нормами радиационной безопасности.



ВТОРОЙ  
ОТНОСИ

**УСЛОВНО РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ ДЕЛЯТСЯ НА:**

НИЗКОАКТИВНЫЕ (ДЕЛЯТСЯ НА ЧЕТЫРЕ КЛАССА: А, В, С И СТСС (САМЫЙ ОПАСНЫЙ))

СРЕДНЕАКТИВНЫЕ (СТЕРМИН В ОСНОВНОМ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В СТРАНАХ ЕВРОПЫ)

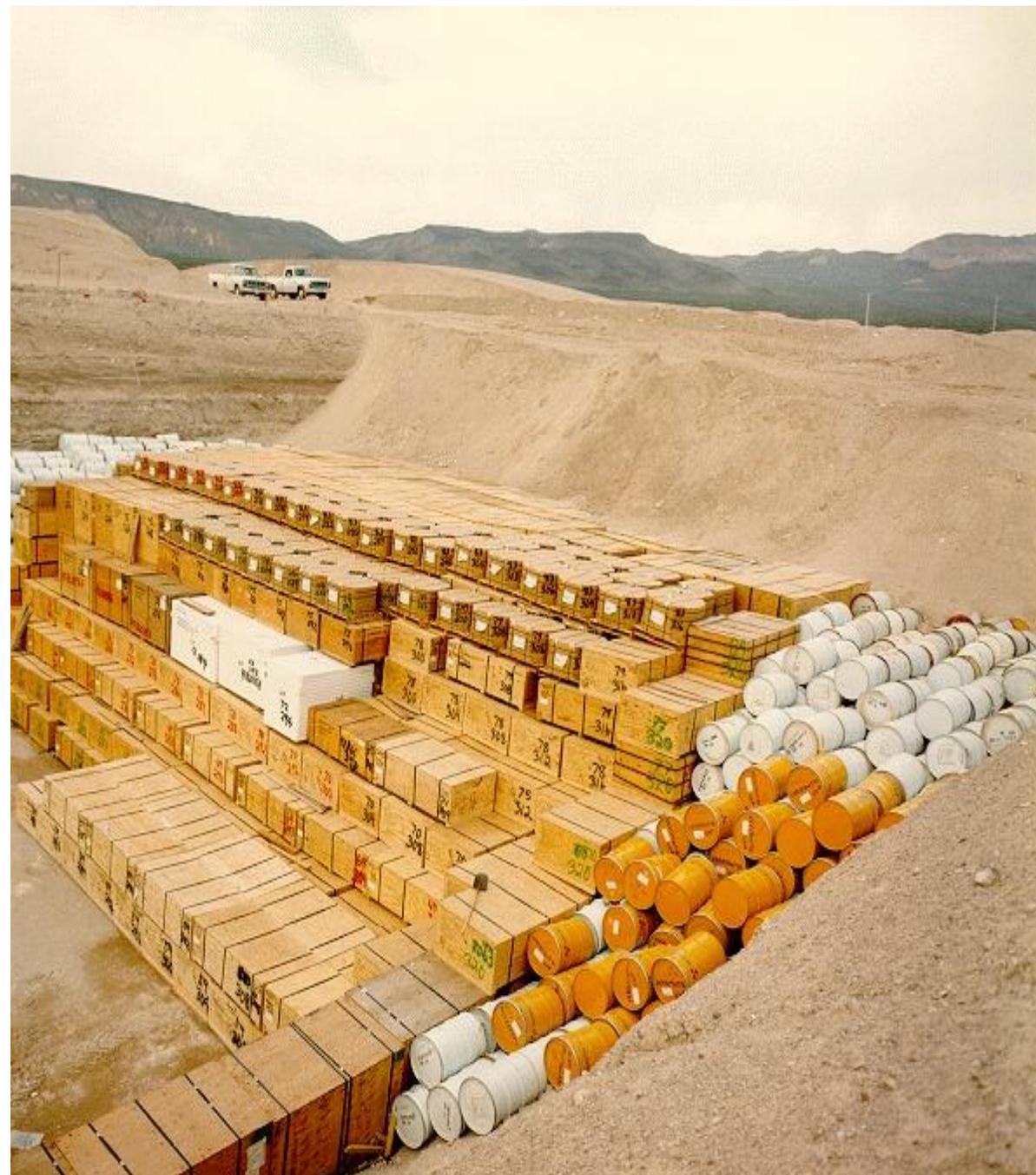
ВЫСОКОАКТИВНЫЕ

**Захоронение радиоактивных отходов** - безопасное размещение РАО без намерения последующего их извлечения.

**Захоронение жидких радиоактивных отходов** - размещение ЖРО в глубокозалегающих пластах-коллекторах на глубине нескольких сотен метров в пределах границ горного отвода путем нагнетания через буровые скважины без намерения последующего их извлечения.

**Захоронение радиоактивных отходов в глубокие геологические формации (захоронение глубокого заложения)** - захоронение РАО в сооружения, размещаемые на глубине нескольких сотен метров без намерения последующего их извлечения.

**Захоронение радиоактивных отходов приповерхностное** - захоронение РАО в сооружения, размещаемые на поверхности земли или на глубине нескольких десятков метров.



**Переработка жидких радиоактивных отходов** - технологические операции по уменьшению объема, изменению агрегатного состояния и (или) физико-химических свойств ЖРО.



**Переработка твердых радиоактивных отходов** - технологические операции по изменению формы и уменьшению объема ТРО.

## Варианты утилизации различных видов радиоактивных материалов:

- ✓ Измельчение и прессование. Используют для уменьшения объема твердого сырья, для понижения активности;
- ✓ Сжигание. Выполняется в специальных печах для утилизации горючих отходов;

## Удаление радиоактивных отходов обязано соответствовать установленным гигиеническим требованиям:

- Гарантия их непопадания в пищевые продукты, а также воду;
- Исключение возможности внешнего облучения населения, которое превысило бы допустимый уровень;
- Исключение негативного влияния РО в месторождениях различных полезных ископаемых;
- Выполнение экономически целесообразных действий.



**Безопасность при обращении с радиоактивными отходами (РАО)** - состояние защищенности работников (персонала), населения и окружающей среды от недопустимого радиационного воздействия при обращении с РАО.



**Безопасность системы захоронения радиоактивных отходов** - свойство системы захоронения РАО ограничивать радиационное воздействие на население в течение всего периода сохранения потенциальной опасности РАО уровнями, регламентированными нормами радиационной безопасности.



**Хвостохранилище** - стационарное сооружение открытого типа, предназначенное для сбора и хранения низкоактивных жидких или твердых радиоактивных отходов и располагающееся в пределах определенной территории.



**Период потенциальной опасности радиоактивных отходов** - период времени, по истечении которого удельная активность радионуклидов, содержащихся в РАО, снизится до значений, позволяющих освободить их от регламентации норм радиационной безопасности.



## Масштабы и проблемы радиоактивного загрязнения

Масштабы и проблемы радиоактивного загрязнения определяются наличием уранодобывающих и перерабатывающих предприятий, объектов ядерного ВПК, включая полигоны испытаний ядерного оружия, ТЭК, системой пунктов хранения и захоронения РАО, исследовательскими реакторами, ядерным оружием и техногенными катастрофами, наличие которых привело к тому, что в СНГ радиационно неблагополучно более 10% территории (свыше 2 млн км).

При выработке **1 ГВт** электроэнергии образуется **300-500 м<sup>3</sup>** твердых отходов и **25 т** облученного топлива, а при получении **1 т** ядерного топлива образуется порядка **8 т** твердых РАО.

Наиболее опасной угрозой окружающей среде и человечеству являются огромные запасы ядерного оружия. - **11,3 млрд. т.**, т.е. **~ 2 т** на каждого жителя Земли.

## Обезвреживание и захоронение РАО предусматривает следующие этапы:

1. Сбор РАО отдельно с учетом по категории удельной активности и агрегатному состоянию;
2. Транспортирование на объекты хранения и захоронения – **радиомогильники**;
3. Технологическая обработка: обезвоживание, отверждение и прессование в блоки (битумные, цементные, стеклянные);
4. Захоронение.



При планировании организационных и технических мер по отдельному сбору отходов во внимание принимаются следующие факторы:

- физические и химические характеристики отходов;
- тип и период полураспада радионуклидов, содержащихся в отходах;
- концентрация радионуклидов в отходах;
- приемлемость отходов для определенных методов обработки;
- доступные методы хранения и захоронения.



**ПОИСКИ ПОДХОДЯЩИХ МЕСТ ДЛЯ ГЛУБОКОГО ОКОНЧАТЕЛЬНОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ ВЕДУТСЯ В НЕСКОЛЬКИХ СТРАНАХ**



**Низкоактивные (НРАО), обычно вентиляционные, выбросы** удаляют через трубу и рассеивают. Ее высота и условия выбросов должны гарантировать соблюдение ДКБ ~ допустимой объемной концентрации радионуклидов в атмосфере и воде.

Значение ДКБ рассчитывают как отношение ПГП радиоактивного вещества к объему воды (800 л) или воздуха (7,3 млн л), с которыми оно поступает в организм человека в течение года.

*Величина ПГП представляет собой предел годового поступления радионуклидов через органы дыхания и пищеварения.*

В варианте очистки выбросов от радиоактивных аэрозолей используют пылеуловители всех типов. Для улавливания высокодисперсных частиц широко применяют фильтры различных конструкций с фильтроэлементом. Для очистки вентиляционных выбросов и технологических сдувок от радиоактивных инертных газов (изотопы криптона, ксенона, аргон-41) применяют газгольдеры и адсорбционные колонны.

**Газгольдеры** представляют собой устройство для приема, хранения и выдачи газа. В них короткоживущие радионуклиды с периодом полураспада ~1-3 ч находятся столько, сколько необходимо для снижения их активности до приемлемого уровня. Обычная степень очистки в газгольдерах составляет 80-90%.

**Адсорбционные колонны** используют, если требуется высокая (более 99%) степень удаления радиоактивных инертных газов из выбросов. В этом случае основная схема очистки включает охлаждение газа с сепарацией влаги, глубокую его осушку в колоннах с цеолитом и последующую подачу в адсорбер с углем для поглощения загрязняющих примесей.



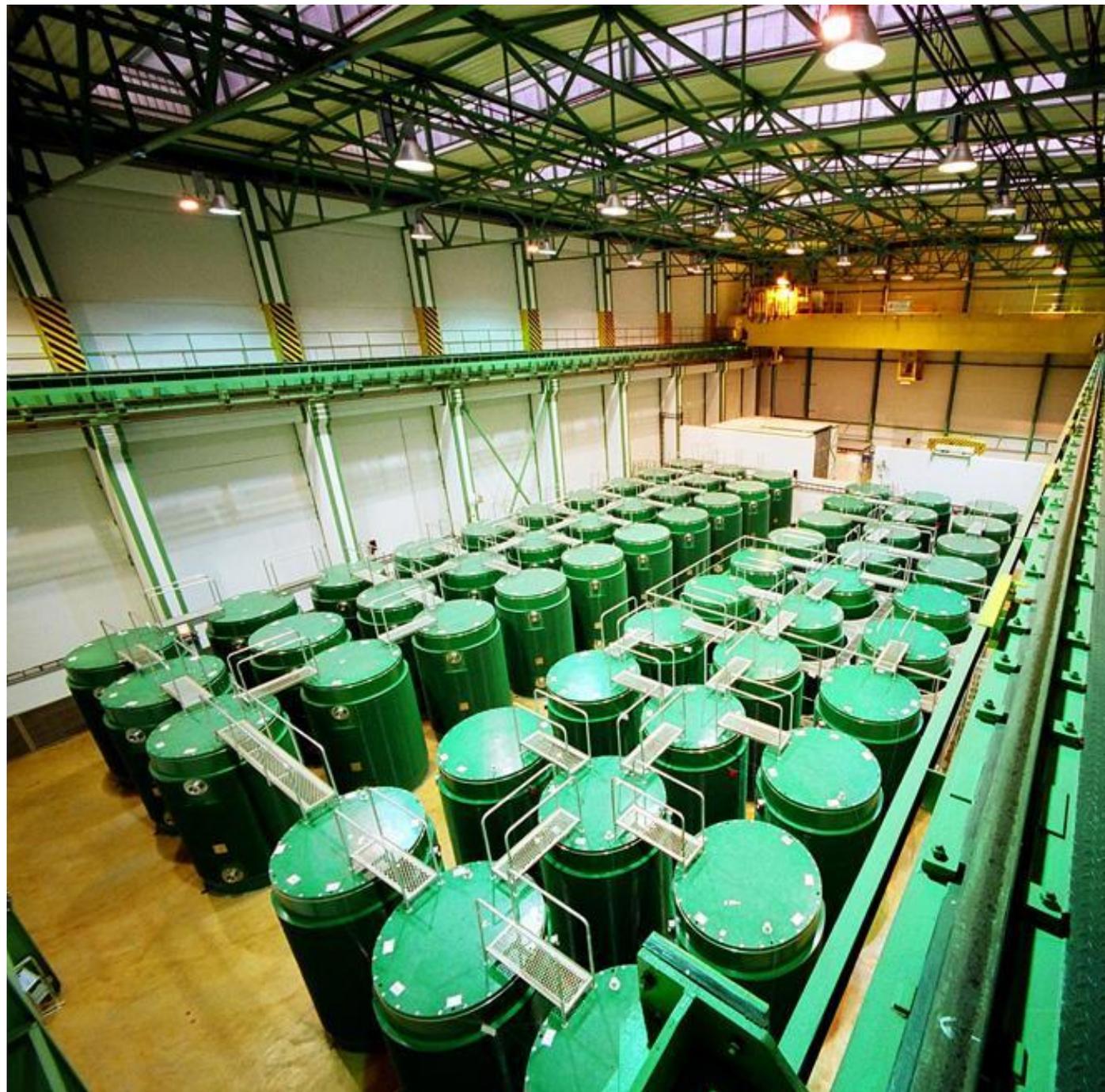
**Могильники** предназначены для захоронения твердых и отвержденных короткоживущих отходов, срок потенциальной опасности которых сопоставим с продолжительностью функционирования инженерных барьеров системы захоронения.



Срок потенциальной опасности короткоживущих отходов, принимаемых на захоронение, может быть не более 300-500 лет.

*Короткоживущие отходы, срок потенциальной опасности которых составляет лишь несколько десятков лет и сопоставим с временем эксплуатации предприятия, где образуются отходы, допускается хранить при предприятии без направления на захоронение с последующим обращением с ними (при выводе предприятия из эксплуатации) как с нерадиоактивными отходами.*

За рубежом основополагающим принципом экологической безопасности и надежности изоляции РАО является их удаление в слабопроницаемые подземные геологические формации с использованием естественных и инженерных барьеров. При этом геологические формации выполняют долговременные изолирующие функции. Значение инженерных барьеров во времени ограничено. Подземная изоляция предназначена прежде всего для ТРАО, а также отвержденных РАО и может проводиться в могильниках различного типа: *в специально создаваемых подземных сооружениях, камерах, скважинах, других емкостях с малой (до 100 м), средней (до 100-300 ) и большой (свыше 300-500 м) глубиной заложения; в буровых скважинах различной глубины; в специально оборудованных выработках закрытых рудников, шахт, других подземных сооружениях; в приповерхностных сооружениях слабозаглубленного типа.*



**Жидкие слабо- и среднеактивные отходы перед сбросом в окружающую среду во всех случаях подвергают очистке. Для этого используют методы упаривания, двухступенчатый ионный обмен с предварительной очисткой от механических примесей, органических веществ и обработкой регенерационных растворов; электродиализ, селективные мембранные сорбенты, ультрафильтрацию, мембранную дистилляцию, химические методы и др.**



Транспортные средства и транспортные контейнеры должны подвергаться радиационному контролю и при необходимости дезактивации. Транспортирование РАО за пределы площадки должно производиться в специальных транспортных контейнерах (транспортных упаковочных комплектах) на специально оборудованных транспортных средствах в соответствии с требованиями нормативных документов.

Иногда возможен сброс радиоактивных сточных вод в хозяйственно-бытовую канализацию. В этом случае концентрация радионуклидов, в них не должна превышать норму более чем в 10 раз. Запрещается удаление ЖРАО в колодцы, скважины, поглощающие ямы, поля орошения и фильтрации, системы подземного орошения, а также в пруды, озера и водохранилища рыбохозяйственного назначения и водоплавающей птицы.



**Хранение** является временной мерой обращения с отходами, после которой должны следовать их переработка и/или захоронение. Захоронить означает навечно поместить РАО в специальные пункты (**могильники**), находясь в которых они выводятся из сферы человеческой деятельности и биологических процессов на времена геологического масштаба, значительно более длительные, чем жизнь многих поколений людей.



Для хранения жидких отходов используют наземные хранилища, представляющие металлические и железобетонные емкости из нержавеющей стали или специальные водоемы, хранилища траншейного типа или подземные камеры.

На АЭС обращение с РАО заключается в хранении твердых, отвержденных и концентрированных (упаренных) их видов на площадках станций. В настоящее время отходы от производства оружейных ядерных материалов хранятся на территории предприятий.

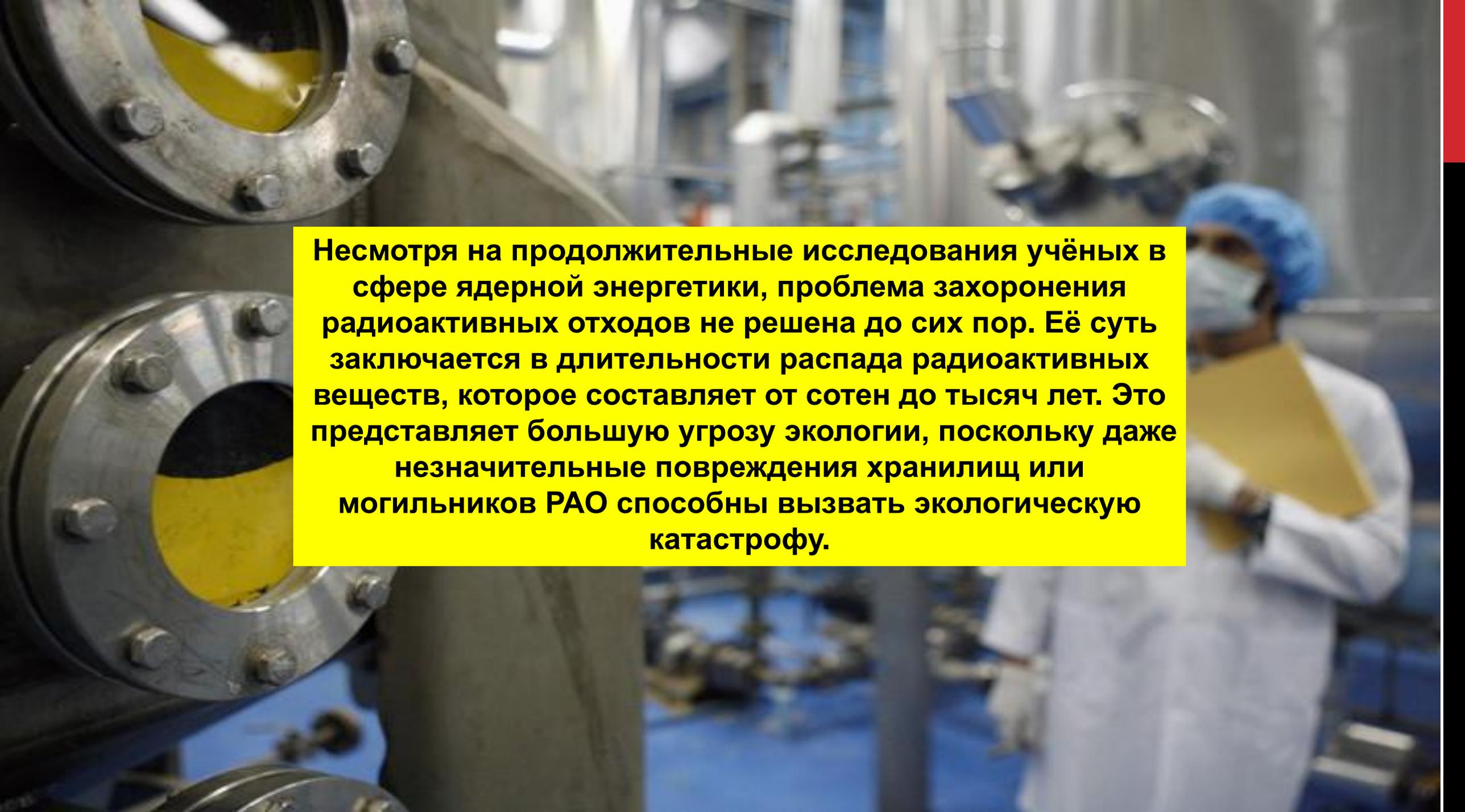
В большинстве случаев временными хранилищами служат слабозаглубленные траншеи и железобетонные бункера в глине, в других аллювиальных отложениях. В них помещают сравнительно большие битумные, бетонные или стеклообразные блоки средней активности вокруг бункера иногда создают дополнительные барьеры в виде облицовки, засыпки сорбентом, слоем глины толщиной 2-3 м. Известны также хранилища курганного типа.



A row of yellow metal drums, likely used for storing radioactive waste, is shown. Each drum has a black radiation warning symbol (a trefoil) on its side. The drums are arranged in a line, and the background shows a building with arched windows. A red text overlay is positioned across the middle of the drums.

**СЕГОДНЯ НИ В ОДНОЙ СТРАНЕ МИРА  
НЕТ ХРАНИЛИЩ РАО, РАСЧИТАННЫХ  
БОЛЕЕ ЧЕМ НА 50 ЛЕТ**

УТОР  
ОТНОСИ



**Несмотря на продолжительные исследования учёных в сфере ядерной энергетики, проблема захоронения радиоактивных отходов не решена до сих пор. Её суть заключается в длительности распада радиоактивных веществ, которое составляет от сотен до тысяч лет. Это представляет большую угрозу экологии, поскольку даже незначительные повреждения хранилищ или могильников РАО способны вызвать экологическую катастрофу.**