

Пути решения проблемы детритизации значительных объемов радиоактивных стоков

Изменения в законодательстве, как и здравый смысл, требуют перейти от разбавления тритийсодержащих стоков к детритизации. Основной проблемой на этом пути является трудность промышленного масштабирования пилотных установок. В статье рассматриваются варианты масштабируемых технологий применительно к нештатным ситуациям на радиационно-опасных объектах.

Мирному применению ядерной энергии насчитывается более 70 лет. Среди сфер применения радиоактивных материалов и устройств, их содержащих, можно назвать медицину, космические исследования и некоторые отрасли промышленности, даже сельское хозяйство.

Нефтегазодобывающая промышленность также не осталась в стороне от ядерных технологий, и не всегда это взаимодействие было удачным. В советский период до 1988 г., когда была свернута Программа № 7 в связи с мораторием на подземные ядерные взрывы и испытания*, было произведено 124 (по другим данным – 169) ядерных подземных взрыва, и добрая половина из них пришлась на долю нефтегазодобывающей промышленности.

В связи с этим нельзя не вспомнить проект «Вега» в Астраханской обл. – 15 подземных ядерных взрывов малой мощности (от 3,2 до 13,5 кт), произведенных в целях устройства подземных хранилищ газового конденсата. В настоящее время проект законсервирован ввиду его экологической опасности и утраты хозяйственного значения: было зафиксировано значительное уменьшение объемов хранилищ по неизвестным причинам.

Кроме того, происходит накопление радиоактивного расплава (взрывы были произведены в толще каменной соли), содержащего тритий, стронций-90, цезий-137, кобальт-60, рутений-106, сурьму-125, цезий-134 и непрореагировавшее ядерное горючее. Несмотря на относительно безопасное состояние законсервированного объекта, переданного в ведение ООО «Подземгазпром» (сегодня – ООО «Газпром геотехнологии»), он тем не менее является миной замедленного действия. Однако подземные резервуары, сделанные взрывом, – далеко не единственный источник образования трития. Tritий в больших количествах образуется на АЭС, а также на заводах по переработке облученного ядерного топлива. Tritий генерирует низкоэнергетическое бета-излучение, которое никак не определяется обычным счетчиком Гейгера.

Особенностью трития, содержащегося в воде, является невозможность его удаления обычно применяемыми для

других радионуклидов в той или иной степени селективными методами, такими как сорбция, экстракция и т. п. или метод упаривания, используемый для концентрирования нелетучих соединений радионуклидов. Поэтому в большинстве случаев отходы тритийсодержащей воды либо подвергали длительному хранению, либо сбрасывали в окружающую среду после разбавления до разрешенных по концентрации трития норм.

Длительное и массированное применение радиоактивных технологий и материалов не могло не привести к накоплению радиоактивных отходов в количестве, вызывающем тревогу за будущее человечества. Соответственно, был принят ряд документов (Федеральный закон от 11 июля 2011 г. № 190-ФЗ, Директива Евроатома 2011/70 и др.), регламентирующих судьбу жидких, твердых и газообразных радиоактивных отходов, и в частности запрещающих сброс тритийсодержащих стоков с разведением их до безопасной концентрации, таким образом, вплотную подводя атомную промышленность к необходимости детритизации стоков. Основная сложность в обезвреживании стоков от трития – в отсутствии технологии, способной выполнять детритизацию в больших объемах. Исследовательские и опытно-конструкторские работы в этом направлении ведутся в США, Канаде, Европе и Японии. В качестве возможных технологий для промышленной реализации процесса очистки сбросных вод от трития рассматриваются следующие:

- ректификация воды (WD-процесс);
- комбинированный с электролизом химический изотопный обмен в системе «вода – водород» (CECE-процесс);
- двухтемпературный изотопный обмен в системе «вода – водород» (BHW-процесс);
- двухтемпературный изотопный обмен в системе «вода – сероводород» (GS-процесс).

Каждая из этих технологий имеет недостатки и преимущества. Так, наименьший коэффициент разделения характерен для процесса ректификации воды, и именно для этого процесса требуются максимальные удельные энергозатраты. Для CECE-технологии наблюдается максимальный коэффициент



Ректификационная колонна

разделения, однако энергозатраты в нижнем узле обращения потоков, необходимом для перевода всего потока воды из колонны в водород, достаточно велики. Технология GS достаточно эффективна, но требует использования высокотоксичного сероводорода в значительных количествах под давлением около 2,0 МПа.

В последнее десятилетие в Канаде достаточно успешно проведена работа по экспериментальному осуществлению изотопного обмена в системе «вода – водород» по двухтемпературной схеме. Этой работе предшествовала разработка гидрофобного катализатора, термостойкого при температурах до 443 К. Подобный катализатор разрабатывается и в России. Поэтому появляется возможность существенного снижения энергозатрат на реализацию ХИО в системе «вода – водород», что делает эту систему вполне конкурентоспособной по сравнению с системой «вода – сероводород».

Таким образом, при появлении задачи детритизации отходов выбор конкретной технологии зависит от многих факторов: наличия достаточного количества рабочих веществ и энергоресурсов, включая их вид и стоимость, степень освоения технологии при ее использовании для решения других задач, потенциальной опасности технологии с точки зрения возможности попадания трития в окружающую среду. При этом анализ существующей мировой практики промышленного разделения изотопов легких элементов показывает, что в большинстве случаев технология является комплексной: в зависимости от достигнутой концентрации

целевого изотопа на разных стадиях процесса получения целевого продукта используются различные методы.

Одна из таких технологий (химический изотопный обмен в системе «вода – водород»), разработанная в ОАО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина», входит в группу победителей тендера, объявленного правительством Японии для детритизации жидких отходов АЭС «Фукусима» в рамках ликвидации последствий аварии (к концу 2014 г. на Фукусимской АЭС накоплено 800 тыс. м³ тритийсодержащих вод с ежедневным приростом почти 400 м³). Проведенные ОАО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина» при помощи ЗАО «Безопасные Технологии» исследования позволили доказать, что в случае относительно небольшой стоимости электроэнергии использование одноступенчатой схемы «вода – водород» предпочтительнее.

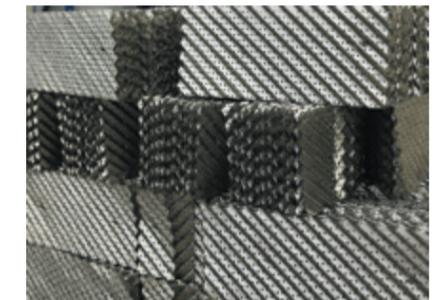
Технологическая схема процесса состоит из трех этапов.

1. Степень ректификации.
2. Степень насыщения.
3. Степень фиксации.

Первая ступень установки, работающая по технологии ректификации воды под вакуумом, предназначена для очистки отходов от трития и получения промежуточного продукта с концентрацией трития в 40 раз выше, чем в сырье. Затем среда подается в колонны обогащения, где промежуточный продукт обогащается в колоннах изотопного обмена (стоки из колонн подаются обратно на первую стадию) и поступает на электролиз по технологии CECE. Вода из этой стадии возвращается на колонны, а ко-

нечный продукт имеет концентрацию трития в 500 раз больше, чем исходная. В третьей ступени тритий фиксируется в губчатой титановой субстанции и отправляется на хранение.

Основное достоинство такой комплексной установки заключается в использовании на наиболее капитально и энергетически емкой стадии процесса детритизации хорошо освоенной и простой технологии ректификации воды в сочетании с возможностью применения относительно дешевого энергоносителя – пара низких параметров. Кроме того, в случае ее создания появляется возможность освоения новой для России технологии двухтемпературного ХИО в системе «вода – водород».



Регулярная противочувствительная насадка

Долгое время господствовавшая точка зрения, которой, в частности, придерживалось МАГАТЭ, что тритий не представляет угрозы для человека, привела к значительному накоплению в природе бета-радиоактивного изотопа, период полураспада которого составляет 12,5 лет. Устранение основного источника тритиевого загрязнения окружающей среды – ядерных испытаний – в перспективе вполне компенсируется увеличивающимися стоками с АЭС и других источников, например утечками с ядерных хранилищ или объектов, созданных с помощью ядерного взрыва.

Поэтому детритизация – процесс, который человечеству наверняка предстоит освоить в ближайшем будущем, и в России есть все необходимые для этого безопасные технологии.

**Промышленная группа
«Безопасные Технологии»**

Россия, г. Санкт-Петербург,
Красногвардейский пер., д. 15д
E-mail: office@zaobt.ru
<http://zaobt.ru>

* Аналогичная ядерная программа США («Плаушер») была свернута еще в 1973 г., так как эксперты пришли к выводу, что экономия на строительных работах почти полностью перекрывалась затратами на радиационную безопасность.