# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АММИАЧНОЙ ДЕТРИТИЗАЦИИ ВОДЫ

А.И.Егоров

## Введение

Комплекс мер борьбы с загрязнением гидросферы Земли тритием предусматривает устранение всех утечек трития из ядерных установок, организаци замкнутых циклов водообеспечения и создание ра делительных устройств для детритизации технол гических, сбросных и обмывочных вод. Всесторо нее сравнение разделительных процессов позволя рекомендовать для детритизации легкой и тяжел воды процесс, основанный на извлечении трития газообразный аммиак с последующей разгонкой из топных форм аммиака в ректификационной колон с конверсией тепла.

Схема установки для аммиачной детритизац легкой воды представлена на рисунке. В обменн колонне 1 газообразный аммиак извлекает трит из стекающей воды $H_2O$–HTO. Детритизованн водный раствор перетекает в горячую обменную к лонну 2, где встречный поток водяного пара отду ет увлеченный аммиак обратно в колонну 1. Детр тизованная и разбавленная конденсатом пара во сбрасывается в канализацию или используется д технических нужд.

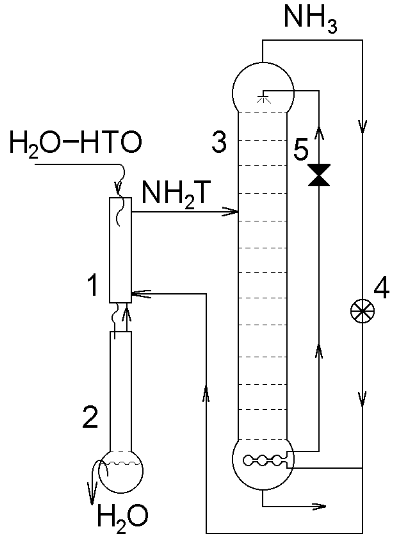


**Рис.** Схема установки для аммиачной детритизации легкой воды

Поток газа $NH_3$–$NH_2T$, вышедший из обменн колонны 1, после охлаждения и осушки вводит в точку питания аммиачной ректификационной колонны 3, работающей по принципу холодильной машины. Компрессор 4 отбирает детритизованный аммиак из головы колонны и компремирует его — сжатый газ ожижается в кубе колонны, отдавая тепло через стенку теплообменника кипящему аммиаку. Основная часть полученной флегмы через дроссель 5 возвращается в голову ректификационной колонны для орошения насадки, а часть аммиака направляется в обменную колонну 1 для извлечения трития из радиоактивной воды. Тритиевый концентрат отбирается из куба ректификационной колонны 3 и после дополнительного обогащения в малой колонке переводится в воду или гидрид титана для хранения.

## Эксперимент

Для экспериментального определения коэффициента разделения изотопов водорода при дистилляции смеси $NH_3$–$NH_2T$ и $ND_3$–$ND_2H$–$ND_2T$ (98% D) нами была проведена серия релеевских разгонок жидкого аммиака при нормальном давлении. Исходная смесь $NH_3$–$NH_2T$ содержала $6 \cdot 10^{-4}$ Ки/л трития. Концентрация трития во фракциях измерялась сцинтилляционным методом. Определения показали, что коэффициент разделения протия и трития при дистилляции аммиака $\langle \ln \alpha_{\text{HT}} = 0,05 \rangle$ существенно выше, чем коэффициент разделения изотопов при дистилля- ции воды, $\langle \ln \alpha_{\text{HT}} = 0,028 \rangle$. Эффект разделения дейтерия и трития при дистилляции смеси $ND_3$–$ND_2T$ $\langle \ln \alpha_{\text{DT}} = 0,02 \rangle$ сравним по величи- не с коэффициентом разделения изотопов при дистилляции смеси $ND_3$–$ND_2H$ [1] и на порядок выше коэффициента разделения при дистилляции воды $D_2O$–DTO [2].

Аммиачный процесс был применен нами для детритизации радиоактивных сбросных вод ПИЯФ РАН. Эти воды содержат широкий набор солей, моющих средств и органических загрязнений и складываются из технологических стоков реактора ВВР-М и радиохимических лабораторий. Предварительная очистка сбросных вод включала операции фосфатного умягчения и перегонки в вертикальном выпарном аппарате. После перегонки активность дистиллата находилась в пределах $10^{-10} - 10^{-11}$ Ки/л, содержание трития — $10^{-4}$ Ки/л, окисляемость воды — 30 мг $O_2$. Использовать полученный дистиллат в колонках для ректификации воды не удавалось — при кипении в кубе колонки начиналось интенсивное пенообразование, которое, по мере накопления органических примесей, захватывало большую часть насадки.

Лабораторная установка для аммиачной детритизации воды была изготовлена из термостойкого стекла. Колонки 1,2,3 были заполнены спирально-призматической насадкой $3 \times 3 \times 0,2$ мм из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Высота слоя насадки в колонке 1 – 50 см, в колонке 2 – 40 см, в ректификационной колонке 3 – 70 см.

Перед пуском дистиллата $H_2O$–НТО куб горячей колонки 2 разогревался до кипения, после чего через колонку 1 устанавливался постоянный ток аммиака от 20 до 130 л/час в разных экспериментах. Дистиллат $H_2O$–НТО подавался в колонку 1 каплями, в эквимолярном количестве к потоку $NH_3$. Аммиак, вышедший из холодной колонки 1, конденсировался в сборнике при температуре – $70^oC$. Детритизованная вода выводилась каплями из куба колонки 2.

Эксперименты проводились с пробами реального дистиллата сбросных вод, отобранных на протяжении нескольких месяцев. Средняя тритиевая активность воды на входе в обменную колонку 1 равнялась $1 \cdot 10^{-4}$ Ки/л, активность воды на выходе $\leq 2,5 \cdot 10^{-6}$ Ки/л. Кислотность дистиллата сбросных вод на входе в обменную колонку находилась в интервале pH 5 – 5,5, на выходе – pH 7,5 – 7,8. Скорость обмена водородных атомов аммиака и воды была высокой — эквимолярный поток аммиака извлекал из воды не менее 98% трития.

Сборник с накопленным конденсатом $NH_3$–$NH_2T$ $NH_3$–$NH_2T$ ($6 \cdot 10^{-5}$ Ки/л) подключался к ректификационной колонке. Куб колонки в момент заполнения находился в спиртовом термостате при температуре – $70^oC$. После заполнения куба начиналась ректификация жидкого аммиака — при этом куб колонки нагревался за счет контакта с массивным алюминиевым радиатором. Дефлегматор колонки охлаждался пропиловым спиртом с температурой – $66^oC$.

Отбор проб газа из головы и куба колонки начинался после четырех часов устойчивой ректификации. Пробы аммиака поглощались мерными объемами воды и сохранялись в плотно закупоренных полиэтиленовых флаконах. Перед сцинтилляционными определениями трития пробы титровались и приводились к одной концентрации аммиака.

Кипение аммиака протекало устойчиво, пенообразования не наблюдалось ни в одном эксперименте.

Величина ВЭТТ (5 – 6 см) была выше, чем у аналогичных колонок для ректификации воды (3,8 – 4,0 см), хотя, возможно, это было связано с отсутствием предварительного захлебывания насадки.

## Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы. Аммиачная детритизация не требует специальной подготовки радиоактивной воды. Кинетика обмена в системе $NH_3$–НТО быстрая; тритий извлекается из воды количественно. Коэффициент разделения протия и трития при дистилляции смеси $NH_3$–$NH_2T$ при нормальном давлении, $\langle \ln \alpha_{\text{нт}} = 0,05 \rangle$, значительно превосходит коэффициент разделения при дистилляции воды, $\langle \ln \alpha_{\text{нт}} = 0,028 \rangle$. Аммиак, как рабочее вещество детритизационной установки, выгодно отличается своими свойствами — для него характерны высокое атомное содержание водорода и хорошие коррозионные свойства. Для аммиака разработана техника тепловой конверсии, которая позволит сделать минимальными затраты энергии на детритизацию.

## Список литературы


[1] G.T. Petersen, M.Benedict// Nucl. Scien. Eng., **15**, (1963), 90–97.

[2] Б.М. Андреев, Я.Д. Зельвенский, В.В. Уборский //АЭ, **44**, №3, (1978), 240.