

МОСКОВСКАЯ СТАНЦИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ*Полуэктов П.П., Суханов Л.П., Рябчиков Б.Е., Шумейко Я.В. (ОАО «ВНИИНМ», Москва)*

В конце 1940—начале 1950-х годов на северо-западе Москвы были созданы предприятия, деятельность которых сопровождалась образованием жидких низкоактивных отходов, — ЛИПАН (ныне РНЦ «Курчатовский институт»), НИИ-9 (ныне ВНИИНМ им. А.А. Бочвара), Институт биофизики, завод «Медрадиопрепарат» и спецпрачечная Мосгорисполкома (ныне спецпрачечная МосНПО «Радон»). Ответственность за обращение с этими отходами была возложена на ВНИИНМ. Первоначальная схема обращения с ними была предельно простой — отходы собирали в емкости и специальные пруды-накопители, смешивали с охлаждающей водой реакторов РНЦ «Курчатовский институт» и сливали в Соболевский ручей, впадающий в Москву-реку. Однако уже скоро стало ясно, что ликвидация отходов методом разбавления приводит к постепенному накоплению радионуклидов на дне реки Москвы в месте их слива. Поэтому было принято решение разработать другой более безопасный для окружающей среды метод.

В 1953 г. был сформирован коллектив радиохимиков, которые провели первые исследования по удалению радионуклидов из сбросных вод различного состава. Этим коллективом совместно со специалистами по водоподготовке из ВНИИ ВОДГЕО и проектантами из Московской проектной конторы (ныне ГСПИ) и была разработана первая опытно-промышленная Московская станция очистки жидких радиоактивных отходов, введенная в 1958—1959 гг. в опытную эксплуатацию.

Поступающие на станцию очистки жидкие отходы имели сложный состав с широкими колебаниями содержания α -, β -, γ -излучающих нуклидов, солей и органических компонентов, поэтому для их очистки была принята многоступенчатая аппаратно-технологическая схема, характеризующаяся высокой эффективностью и надежностью. Схема включала в себя сбор и усреднение жидких отходов разных поставщиков, очистку коагуляцией серно-кислым железом, механическую фильтрацию и двухступенчатое обессоливание ионным обменом. Жидкие отходы опытных вивариев Института биофизики, содержащие большое количество органики, подлежали предварительной биологической

очистке. Полученные в процессе переработки шламы и регенерационные растворы подвергались нейтрализации и совместному упариванию.

Разрабатываемая технология обеспечивала заданную степень очистки при высоком коэффициенте концентрирования — до 300—400 раз. Однако были обнаружены и недостатки — малая производительность, относительно высокий расход реагентов, неблагоприятные условия работы персонала из-за отсутствия зональности и защиты оборудования.

В 1976 г. станция была модернизирована посредством замены используемых материалов и технологического оборудования, усовершенствования технологии очистки и концентрирования, размещения установок в каньонах и стала называться Московской станцией переработки жидких радиоактивных отходов. Приемные резервуары большого размера разместили в отдельном здании и снабдили конусными днищами, что исключило радиационно опасные ручные операции по их очистке. Вместо слабоосновных анионитов ЭДЭ-10-П и АН-2Ф стали применять более стойкий и эффективный анионит АН-31. Было внедрено раздельное упаривание регенератов с возвратом азотной кислоты на повторное использование, установлены новые выпарные аппараты типа ВН. В результате коэффициент концентрирования достиг 500—700 раз.

Согласно усовершенствованной схеме жидкие отходы по напорным трубопроводам поступали в приемные емкости с коническими днищами объемом по 500 м³, откуда накапливаемый осадок периодически выгружался и отправлялся в МосНПО «Радон». Коагуляционная очистка проводилась в вертикальных отстойниках. В качестве коагулянта использовался раствор сульфата железа с введением гидроксида натрия. Гидроксид железа через шламоуплотнитель поступал на концентрирование методом упаривания. Взвешенные вещества из осветленной воды удалялись на фильтрах с песчаной загрузкой.

Глубокая очистка жидких отходов проводится путем их обессоливания при последовательном пропускании через две ступени ионитовых фильтров, загруженных катионитом КУ-2-8 в Н-форме и анионитом АН-31 в ОН-форме.

Ионообменная установка состоит из восьми фильтров, содержащих по 15—18 м³ ионитов. Каждый из первых двух фильтров (первая ступень) поглощает до 80—90% всех растворенных примесей, содержащихся в отходах. Третий и четвертый фильтры (вторая ступень) доочищают воду от всех радионуклидов. Очищенная вода собирается в буферной емкости объемом 300 м³, анализируется и сбрасывается в городской коллектор. Часть очищенной воды используется для нужд самой станции.

Предусмотрены эффективные технические решения по сокращению количества регенерационных растворов — основного вида вторичных отходов, в том числе регенерация в режиме противотока, повторное использование части регенератов и др. Кислые и щелочные регенераты упариваются в аппаратах с вынесенной зоной кипения, что устраняет инкрустацию поверхности нагрева. Для предотвращения загрязнения конденсата вторичного пара между выпарным аппаратом и конденсатором установлена тарельчатая колонна. При упаривании кислого регенерата проводится отгонка паров азотной кислоты, что позволяет использовать ее повторно. Кубовые остатки из выпарных аппаратов сливаются в реактор, где охлаждаются при непрерывном перемешивании, образуемая при этом пульпа со содержанием 600—900 г/л отправляется спецавтотранспортом в МосНПО «Радон».

По состоянию на 2008 г. очищено свыше 1,2 млн м³ жидких радиоактивных отходов. Качество очищенной воды после усреднения и последующего контроля перед сбросом соответствует нормам ОСПОРБ-99, при этом содержание многих радионуклидов (⁶⁰Co, ⁵⁴Mn, ¹³⁴Cs и др.) в сбросной воде обычно ниже порога чувствительности приборов.

Однако в технологии переработки жидких радиоактивных отходов возникли изменения. По причине прекращения подачи греющего пара от внешнего источника было остановлено выпарное отделение, в связи с чем объем вывозимых на захоронение в МосНПО «Радон» вторичных отходов резко увеличился с 35—55 до 150—200 м³ в год. Существенно изменился состав поступающих отходов. Если в 1960-х годах в отходах преобладали ¹⁴C, ³⁵S, ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr при большом содержании органических веществ от

вивариев и спецпрачечной, то с 1980-х годов — ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и α-излучающие нуклиды. Причем отходы РНЦ «Курчатовский институт» содержали преимущественно ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co, ⁹⁰Sr, ВНИИНМ — α-излучающие нуклиды с незначительным количеством ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr.

В 1960—1970-х годах объем поступающих на переработку жидких отходов составлял 50—55 тыс. м³ в год, в последние годы снизился до 5 тыс. м³ в год. При этом содержание солей в них уменьшилось с 0,5—0,8 до 0,4—0,6 г/л, органических загрязнений — с 20—40 до 5—10 мг О₂/л. В связи с уменьшением общего объема поступающих жидких отходов усложнилась возможность корректировать при необходимости их состав путем избирательного смешения (разбавления) потоков отходов с различными характеристиками. Сокращение содержания органических веществ дало возможность принять решение об исключении стадии коагуляционной очистки и тем самым сократить объем жидких радиоактивных концентратов, направляемых в МосНПО «Радон».

С 1976 г. в течение почти 30 лет основное оборудование и фильтрующие материалы фактически не заменялись. Поэтому было принято решение о реконструкции станции. К настоящему времени заменены часть выпарных аппаратов, фильтрующие материалы, смонтировано оборудование газовой котельной. Принципиальным решением является внедрение технологии цементирования, что позволит прекратить транспортировку жидких радиоактивных концентратов по Москве и области на захоронение в МосНПО «Радон». Завершить реконструкцию планируется в 2012 г.

Выполнение ВНИИНМ функций головной организации по обращению с радиоактивными отходами предопределило активное использование станции в качестве опытно-промышленной базы, на которой впервые в СССР, а часто и в мире на реальных отходах на стендах и опытно-промышленных установках отрабатывались методы и оборудование для очистки, концентрирования и отверждения жидких отходов. К наиболее крупным разработкам можно отнести следующие. Для обеспечения населения питьевой водой совместно с Радиевым институтом им. В.Г. Хлопина в 1964 г. были разработаны и

испытаны стационарная и передвижная установки очистки загрязненных поверхностных вод на селективных неорганических сорбентах. Совместно со Свердловским химмашем на стенде была отработана конструкция промышленного выпарного аппарата с выносной греющей камерой типа ВН, ставшего серийным для АЭС и других объектов.

Для усовершенствования ионообменной очистки сбросных вод впервые в СССР создавались установки непрерывного ионного обмена, отличающиеся от традиционных возможностью сокращения рабочих объемов до 20 раз, занимаемых площадей — до 5 раз, количества ионитов — до 10—15 раз и объема регенератов — в 1,5—2 раза. Разработанный комплекс аппаратов и установок непрерывного ионного обмена был реализован в установках водоподготовки и водоочистки на многих предприятиях страны. Активно исследовались новые марки ионитов, режимы их работы и регенерации. Отрабатывались режимы разложения органических загрязнений методом озонирования, сжигания, ультразвуковым воздействием.

Проводились исследования и непосредственно для нужд станции. В частности, согласно проектной схеме гидроксидные шламы с низким содержанием твердой фазы (менее 1—2% по массе) являлись одним из конечных продуктов переработки жидких отходов. Их значительные объемы резко уменьшали суммарный коэффициент концентрирования при переработке жидких отходов, что влияло на экономичность. Проблема была решена путем разработки принципиально новой технологической схемы концентрирования регенератов (раздельное упаривание щелочного и кислого регенератов) и гидроксидных шламов. Эта схема позволила возвращать в процесс до 50% азотной кислоты, сократить расход щелочи на нейтрализацию смеси регенератов, исключить их содовое умягчение перед выпаркой, дала возможность упаривать гидроксидные шламы со щелочным регенератом.

На станции велись крупномасштабные работы по очистке сбросных вод с использованием мембранных технологий, в том числе электромембранных. В 1964 г. на заводе «Двигатель» была изготовлена и испытана крупнейшая в ту

пору в СССР электродиализная установка производительностью 100 м³/сут. В ней впервые была использована межмембранная засыпка смеси ионитов. Совместно с МХТИ им. Д.И. Менделеева были начаты работы по разработке установок обратного осмоса и ультрафильтрационной очистки растворов. Разработанные установки промышленных масштабов показали высокую эффективность очистки конденсатов АЭС и ТЭС от масел, регенерации для повторного использования отработанных смазывающих, охлаждающих и моющих жидкостей, очистки вод спецпрачечных с оборотом моющих растворов.

В настоящее время на станции на укрупненных стендах отрабатываются технология и оборудование иммобилизации высокоактивных отходов с использованием индукционного плавителя типа холодный тигель, проводятся испытания натуральных образцов установок цементирования, дезактивации загрязненных грунтов.

Аппаратурно-технологическая схема станции в различных упрощенных вариантах являлась прототипом для установок и цехов очистки жидких радиоактивных отходов многих атомных предприятий и исследовательских центров СССР, а также построенных по советским проектам зарубежных исследовательских центров (Ливия, Египет, Вьетнам).

Станция и в дальнейшем будет оставаться уникальным промышленным предприятием по переработке жидких радиоактивных отходов, обеспечивающим деятельность крупных атомных научно-исследовательских центров — ВНИИНМ и РНЦ «Курчатовский институт». Предполагается продолжить ее использование в качестве опытной базы для отработки новых технологий, а также учебно-демонстрационного центра подготовки и повышения квалификации специалистов по обращению с радиоактивными отходами.

Поступила в Редакцию 2.11.09