

СУШКА ЖРО НА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ

LIQUID RADWASTE DRYING ON POLYMER MATERIALS

Ю.В. КАРЛИН, *д.х.н.*,
Ю.Т. СЛАСТЕННИКОВ,
М.А. МАРЯХИН,
Ю.Г. МЯСНИКОВ, *к.т.н.* (ГУП МосНПО «Радон»)

Y.V. KARLIN, *Doctor of Chemical Science*,
Y.T. SLASTENNIKOV,
M.A. MARYAHIN,
Y.G. MYASNIKOV, *Candidate of Technical Science (SUE SIA Radon)*

■ На территории Российской Федерации накоплено около 600 млн т жидких радиоактивных отходов (ЖРО) общей активностью около $3,6 \times 10^{19}$ Бк.

Как правило, ЖРО концентрируют с помощью мембранных или дистилляционных (термических) методов, затем радионуклиды иммобилизуют в твердую матрицу. Одним из перспективных способов концентрирования может стать сушка.

ВЫПАРИВАНИЕ ИЛИ СУШКА?

Сушка при температуре ниже точки кипения — термический метод, пока не нашедший практического применения. Между тем, таким способом целесообразно обрабатывать ЖРО, не содержащие летучих радиоактивных примесей. Важно отметить, что из-за отсутствия фазы кипения капельный и аэрозольный унос радионуклидов будет незначительным. Рабочее давление, близкое к атмосферному, позволит снизить металлоемкость установки, а низкая температура процесса — применять в конструкции аппаратуры полимеры. Использование недорогих материалов не потребует ограничений по содержанию в перерабатываемом растворе взвесей и поверхностно-активных веществ.

По предварительным оценкам, затраты тепловой энергии на 1 л испаренной воды составляют около 1 кВт. Применение для сушки теплового насоса и замкнутого воздушного контура будет еще более эффективным: расход электроэнергии по сравнению с прямым испарением сократится в 2 раза. Кроме того, использование замкнутого контура не требует системы газоочистки.

Таким образом, сушка имеет ряд преимуществ перед другими технологиями концентрирования и может стать полезным дополнением к ним. Например, этим способом можно обрабатывать концентрат, образовавшийся в результате работы установки обратного осмоса (УОО). На УОО производительностью 1 м³/ч при переработке ЖРО с соледержанием 2-10 г/л образуется 40-60 л/ч раствора (концентрация солей — 50-80 г/л). Для уменьшения его объема в 5-6 раз выпариванием потребуется около 35 кВт электроэнергии, а методом сушки с применением замкнутого воздушного контура — всего 15 кВт.

К возможным ограничениям технологии можно отнести относительно невысокую степень концентрирования отходов (200-300 г/л) вследствие низкой температуры процесса и невысокое значение коэффициента влагоотдачи (около 1 л/ч/м²). Но при использовании данного

■ In the Russian Federation there are approximately 600 million tonnes of liquid radioactive waste with total activity of about 3.6×10^{19} Bq.

Normally, liquid radwaste is concentrated using diaphragm or distillation (thermal) treatment technologies, after which radionuclides are immobilised into a solid matrix. But there is another promising concentration technology - drying.

EVAPORATION OR DRYING?

Drying under temperatures below boiling point is a thermal treatment method that has not yet found its way into practical application. Meanwhile, this method would seem quite appropriate for liquid radwaste that does not contain volatile radioactive additives. It is important to note that as there is no boiling, transfer of radioactive droplets and airborne particles will be negligible. Operating pressure close to atmospheric levels reduces the quantity of metal required to build the drying unit, while low temperatures make it possible to use polymers in the unit's structure. Additionally, the application of low-cost materials will help avoid limitations on the content of suspended and surface-active substances in the processed solution.

According to preliminary estimates, heat consumption per production of 1 litre of evaporated water will equal to about 1 kilowatt. The application of a thermal pump and a closed air circuit in the drying process will make it even more efficient: power consumption would be almost half that of direct evaporation. In addition, a closed circuit does not require gas purification.

Thus, drying has a number of advantages over other concentration technologies, and may become a useful addition to the process. For instance, it may be used to process the concentrate generated by a reverse osmosis plant. A reverse osmosis plant with 1 m³/hour output used to demineralise radwaste containing 2-10 gram/litre of salt generates 40-60 litres/hour of brine (salt concentration 50-80 gram/litre). To reduce it to about one fifth or one sixth of the original volume by evaporation, about 35 kilowatt of electric power would be required, while a closed-circuit air drying system would only consume 15 kilowatt for the same volume reduction.

Potential limitations of this technology include a relatively low degree of waste concentration (200-300 gram/litre) due to low process temperature and a low moisture removal coefficient (about 1 litre/hour/m²). However, as long as the technology is used in a low-output mobile installation, these limitations would be considered insignificant.

BENCH TEST INSTALLATION OF MOSCOW RADON

To study the drying concentration technology, SUE SIA Moscow Radon assembled a mobile bench test installation with an output level up to 10 litre/hour. Its main structural

способа в мобильной установке небольшой производительности эти ограничения будут несущественными.

СТЕНДОВАЯ УСТАНОВКА МОСКОВСКОГО «РАДОНА»

Для изучения технологии концентрирования растворов с использованием процесса сушки на ГУП МосНПО «Радон» создана стендовая мобильная установка производительностью до 10 л/ч. Основным элементом ее конструкции является тепловой насос (электрическая мощность — 2250 Вт, тепловая — 5000 Вт). Он создан на основе бытового оконного моноблочного кондиционера, в котором изменено направление воздушного потока. Расход воздуха в рабочем контуре установки — 800-1000 м³/ч, его циркуляция обеспечивается за счет использования вентилятора.

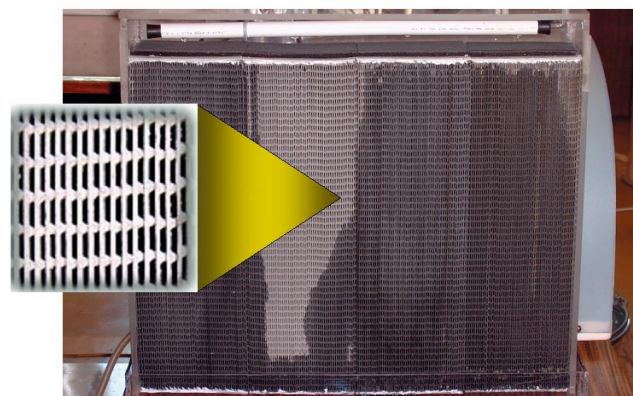
Воздух, проходя через горячий радиатор (конденсатор) насоса, нагревается и поступает в сушильную камеру, где насыщается влагой. Пары конденсируются в холодном радиаторе (испарителе) теплового насоса.

В сушильной камере, на поддоне с дренажем, расположена оборудованная коллектором для распределения раствора кассета из четырех испарительных блоков, заключенных в рамку из оргстекла и металла. Каждый блок представляет собой сборку профилированных пористых пластин УВП-51, изготовленных из полимерного материала (полиэтилена). Блок накапливает соли и взвешенные частицы до концентрации более 150 кг/м³, а затем его либо удаляют на переработку методами пресования, цементирования или сжигания, либо регенерируют (промывают). Рассол концентрации 150-300 г/л можно цементировать.

Общий объем блоков — 12 дм³, удельная площадь поверхности испарения пластин — до 1000 м²/м³.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА ИМИТАТОРАХ И РАДИОАКТИВНЫХ РАСТВОРАХ

Установка ГУП МосНПО «Радон» первоначально была испытана на модельных растворах. При сушке дистиллированной воды достигнута производительность 8,5 л/ч, расход воздуха составил 770 кг/ч, а его средняя относительная влажность — 92% (абсолютная — 28,5 г/кг сухого воздуха). В процессе испарения раствора хлорида натрия показатели снизились,



Испарительный блок стендовой установки ГУП МосНПО «Радон»
The evaporation unit of the bench test installation of SUE SIA Radon

element is a thermal pump (electrical power 2250 watt, thermal power 5000 watt). It was built on the basis of a regular household single-unit air conditioner, where the air flow direction was changed. Air flow rate in the circuit is 800-1000 m³/hour; air circulation is maintained by a fan.

The air is heated as it flows through the pump's hot radiator (condenser); then it comes to the drying chamber where it saturates with moisture. The vapours are condensed in the cold radiator (evaporator) of the thermal pump.

In the drying chamber, on a drain-equipped tray there is a cartridge of four evaporation units with a header to distribute the solution, enclosed in a frame of organic glass and metal. Each evaporation unit is an assembly of formed porous UVP-51 plates made of a polymer material (polyethylene). The units accumulate salt and suspended particles to a concentration level above 150 kg/m³, and then they are either removed for disposal by compaction, cementation or incineration, or recycled (flushed). Brine with a concentration level 150-300 gram/litre can be cemented.

The total volume of the evaporation units is 12 dm³, specific evaporation area of the plates up to 1000 m²/m³.

EXPERIMENTAL TESTS ON SIMULATORS AND RADIOACTIVE SOLUTIONS

The bench test installation of SUE SIA Moscow Radon was initially tested on simulated solutions. When drying distilled water, 8.5 litre/hour output was achieved, air flow reached 770 kg/hour, average relative air humidity equalled 92% (in absolute terms, 28.5 gram/kg of dry air). During the drying of sodium chloride solution, a reduction

■ **Один из вариантов решения проблем обращения с ЖРО на небольших предприятиях — создание относительно недорогих мобильных установок для концентрирования отходов.** Такие установки характеризуются небольшой производительностью и малым потреблением электроэнергии. Одним из их явных преимуществ является универсальность: возможность перерабатывать отходы различного (часто сложного) химического состава с минимальной предварительной подготовкой. Поэтому желательно, чтобы мобильная установка не включала вспомогательных систем, например, газоочистки, пароснабжения или охлаждения водой.

■ **One of the possible options of addressing the liquid radwaste management problem on small sites is to build relatively cheap mobile waste concentration plants.** Such plants are characterised by low production rates and low power consumption. One of their key advantages, however, is that they can be used for multiple applications: they can treat waste of varying chemical compositions (often compound waste) with minimum pre-treatment required. It is therefore preferable for such mobile treatment plants not to include ancillary systems such as gas purification, steam supply of water cooling.

так как накопление соли в каналах блока вело к уменьшению проходного сечения между пластинами УВП-51. Постепенно увеличивалась температура воздуха после прохождения сушильной камеры, уменьшались его расход и влажность. Когда концентрация солей в испарительном блоке достигала 165 г/л, процесс прекращался.

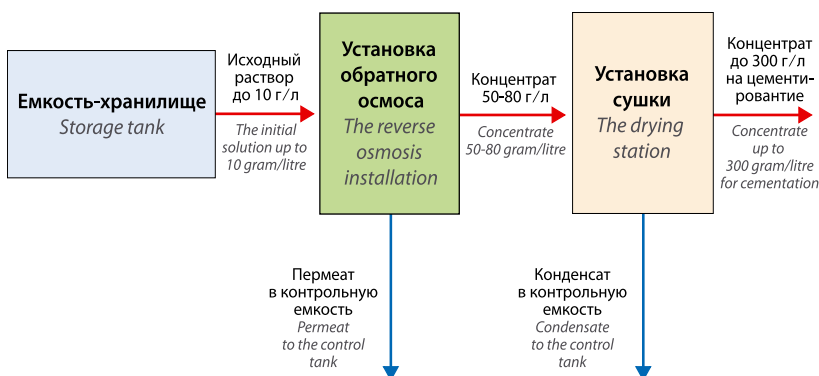
Содержание солей в полученном концентрате составило 280 г/л, а в конденсате — не более 5 мг/л, что экспериментально подтверждает отсутствие аэрозольного уноса.

Затем переработали 400 литров ЖРО сложного химического состава. При этом производительность установки составила 8,2 л/ч. За время испытаний (47 часов) характеристики процесса сушки существенно не изменились. На фронтальной поверхности пластин испарительного блока образовалось незначительное количество солевого осадка. Суммарное количество соли, накопленной на пластинах УВП-51, достигло 120 г/л.

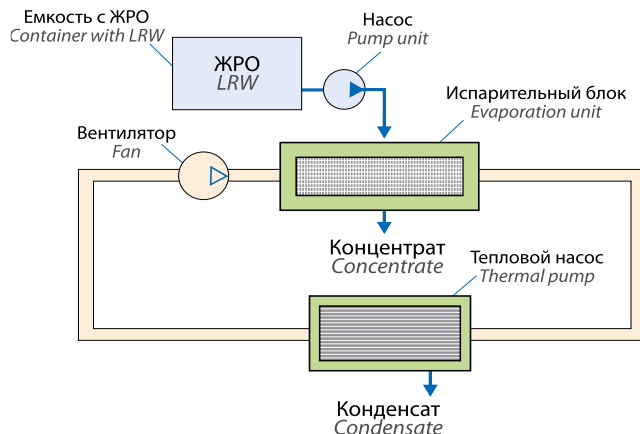
Общая концентрация минеральных солей в исходном растворе составляла 17 г/л, удельная активность — около 2200 Бк/л (по ¹³⁷Cs). Соответствующие характеристики полученного концентрата — 319 г/л и 3,7×10⁴ Бк/л. Солеосодержание конденсата не превысило 10 мг/л. Аэрозольный унос составил менее 0,0008% по γ -излучению ¹³⁷Cs. Перспективность технологии подтвердили и высокие значения коэффициентов концентрирования раствора и разделения радионуклидов: 19 и более 120000 соответственно.

Данные, полученные в ходе экспериментов, были положены в основу проектирования опытно-промышленного модуля сушки ЖРО производительностью 50 л/ч. Для его работы потребуются тепловой насос (электрическая мощность — 12 кВт, тепловая — 25 кВт), теплообменник водяного охлаждения мощностью 10-15 кВт, испарительные блоки суммарным объемом 150 дм³ и общей площадью испарения 1,5 м². Расход воздуха составит 5000 кг/ч, его температура перед прохождением испарительного блока — 50-60 °С, конденсации — 15-20 °С, относительная влажность после сушильной камеры — 90-100 %.

Опытно-промышленная установка сушки должна быть создана уже в 2008 году. Ее планируется использовать в мобильном комплексе с установкой обратного осмоса производительностью 1 м³/ч.



Применение установки сушки в схеме переработки ЖРО
The application of installation in the recycling LRW system



Принципиальная схема стендовой установки сушки с замкнутым воздушным контуром и тепловым насосом
The principal scheme of a bench test installation with a closed air circuit and a thermal pump

of these parameters was observed, as salt build-up in the unit channels led to reduced flow-through section between the UVP-51 plates. As air temperature at the outlet of the drying chamber gradually increased, flow and humidity reduced at the same time. When salt concentration in the evaporation unit reached 165 gram/litre, the process was stopped.

The resulting salt content was 280 gram/litre in concentrated brine and not more than 5 milligram/litre in condensate, which experimentally proves that there was no airborne transfer of radioactivity.

Then, 400 litres of compound liquid radwaste were processed. The production rate of the installation during this processing was 8.2 litre/hour. During the test duration (47 hours), properties of the drying process did not vary significantly. The front surfaces of the evaporation unit plates had accumulated an insignificant amount of salt residue. The total amount of salt accumulated on the UVP-51 plates reached 120 gram/litre.

The total mineral salts concentration in the initial solution was 17 gram/litre, with specific ¹³⁷Cs activity of about 2200 Bq/litre. The respective properties of the resulting concentrated brine were 319 gram/litre and 3.7×10⁴ Bq/litre. The salt content in the condensate was below 10 mg/litre. Airborne radioactivity transfer was below 0.0008% as measured by γ -emission of ¹³⁷Cs. The fact that this is a promising technology was also confirmed by high levels of the solution concentration and radionuclide segregation coefficients: 19 and above 120 000, respectively.

Data obtained during these tests was used to design a pilot liquid radwaste drying module with 50 litres/hour production rate. The operation of this module will require: a thermal pump (12 kilowatt electric power, 25 kilowatt thermal power), a 10-15 kilowatt water-cooled heat exchanger, evaporation units with a total volume 150 dm³ and a total evaporation area 1.5 m². Air flow will equal 5000 kg/hour, air temperature before the evaporation unit 50-60 °C, condensation temperature 15-20 °C, relative air humidity after the drying chamber 90-100 %.

The pilot drying station is expected to be built as early as 2008. It is anticipated that it will be used in a mobile reverse osmosis installation with 1 m³/hour production.



6-я Международная выставка и конференция НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

СОВМЕСТНО С:



15-18 мая 2007

МОСКВА, СК "ОЛИМПИЙСКИЙ"

ОРГАНИЗАТОРЫ:



Тел.: (812) 380 60 02/00

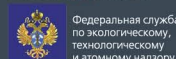
Факс: (812) 380 60 01

E-mail: ndt@primexpo.ru

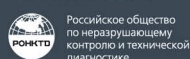
Web: www.ndt-russia.ru



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



ПРИ СОДЕЙСТВИИ:



ЖЕЛЕЗНАЯ УВЕРЕННОСТЬ

НАНО

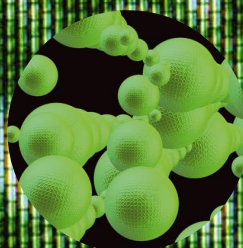
23-26
апреля
2007

«ЭКСПОЦЕНТР»
123100, Россия, Москва, Краснопресненская наб., 14
www.exposentr.ru

ТЕХНОЛОГИИ

Международный
специализированный салон
«Нанотехнологии» –
инновации, ориентированные
на будущее!

Дирекция №2, «Нанотехнологии»
Тел.: (495) 255-28-33,
Факс: (495) 256-72-97, 205-60-77
E-mail: davydov@exposentr.ru



В рамках международного форума «Высокие технологии XXI века»