

ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОЧИСТКИ ЖРО

APPLICATION OF MODULAR INSTALLATIONS FOR LIQUID RADWASTE TREATMENT

Ю.В. КАРЛИН, д.х.н.
(ГУП МосНПО «Радон»)



Y.V. KARLIN, Doctor of Chemical Science
(SUE SIA Radon)

■ На многих «исторических» пунктах хранения радиоактивных отходов, к которым в первую очередь относятся филиалы ФГУП «РосРАО» (ранее специализированные комбинаты системы «Радон») и бывшие военные объекты, размещены емкости временного хранения твердых и жидких РАО. Жидкие отходы наиболее опасны для окружающей среды, поскольку в случае нарушения целостности емкости возникают протечки, которые могут привести к быстрому загрязнению значительных территорий.

Чтобы снизить радиационные риски, возникающие при хранении жидких радиоактивных отходов, ЖРО подвергают переработке. Обычно большую часть радиоактивных вод очищают до соответствия нормам радиационной безопасности (НРБ-99) и сбрасывают в канализацию или дренажную систему, а образующиеся при этом вторичные РАО кондиционируют путем цементированья в сертифицированных упаковках. Однако технические средства для проведения таких работ на перечисленных выше объектах отсутствуют.

МОДУЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС «ЭКО»

Для решения этой проблемы на ГУП МосНПО «Радон» создан парк водоочистных модулей, объединенных в водоочистный комплекс «Эко» производительностью по очищенной воде до 2 м³/ч, который успешно функционирует в ряде организаций Северо-Западного и Центрального регионов России.

В состав комплекса входят до десяти различных модулей, каждый из которых выполняет одну определенную функцию водоочистки. В их числе:

– модуль размыва, забора и сгущения шламов из емкостей-хранилищ радиоактивных отходов;

■ Many of the "legacy" radwaste storage sites, which primarily include the sites operated by FSUE RosRAO (formerly the specialised sites of the Radon network) and the former military sites, accommodate tanks for temporary storage of solid and liquid radioactive waste. Liquid waste is the most dangerous for the environment, as should their vessels be breached, leaks will occur that may cause rapid contamination of large land areas.

In order to reduce the radiation risks associated with the storage of liquid radioactive waste, the waste is treated. Usually, most of the radioactive waters are processed so that their content meets the requirements of the radiation safety codes (NRB-99) and are discharged into sewers or drainage systems, and the secondary waste generated from the treatment process is conditioned by cementation in certified packages. The sites mentioned above, however, lack the technical facilities for the performance of those activities.

"ECO" MODULAR INSTALLATION

For this problem to be addressed, Radon Moscow has built a set of water treatment modules combined into the "Eco" modular processing plant, which has the capacity of up to 2 m³ of treated water an hour, and has been successfully used on many sites in the Central European and North-Western regions of Russia.

The plant may include up to ten different modules, each performing a particular function of treatment. These include:

- a module for washing, retrieval and thickening of sludge from the radwaste storage tanks;
- two filtration modules;
- a micro-filtration module;

■ В 2002-2008 годах мембранно-сорбционные технологии «Аква-Экспресс» и «РО-технология» были реализованы в модульных установках четырех типов.

Небольшие установки «Аква-Экспресс» в рамках проектов МАГАТЭ были поставлены в исследовательские центры Бангладеш, Сирии, Ирана и Сербии, в рамках проекта Министерства энергетики США – в Узбекистан, в рамках оказания помощи региональным специализированным комбинатам – на Ростовский филиал ФГУП «РосРАО». На ФГУП «МП «Звездочка» (Северодвинск) усилиями нескольких организаций под научным и технологическим руководством сотрудников МосНПО «Радон» была создана модульная установка «Эко-3М». Модульная установка «Дунай» была поставлена для очистки радиоактивных вод, образующихся при выводе из эксплуатации первых четырех реакторов ВВЭР-440 АЭС «Козлодуй» (Болгария); здесь также было задействовано несколько организаций, МосНПО «Радон» обеспечивал научное и технологическое сопровождение работ. На ГУП МосНПО «Радон» для выполнения работ в других организациях используется модульная установка «Эко».

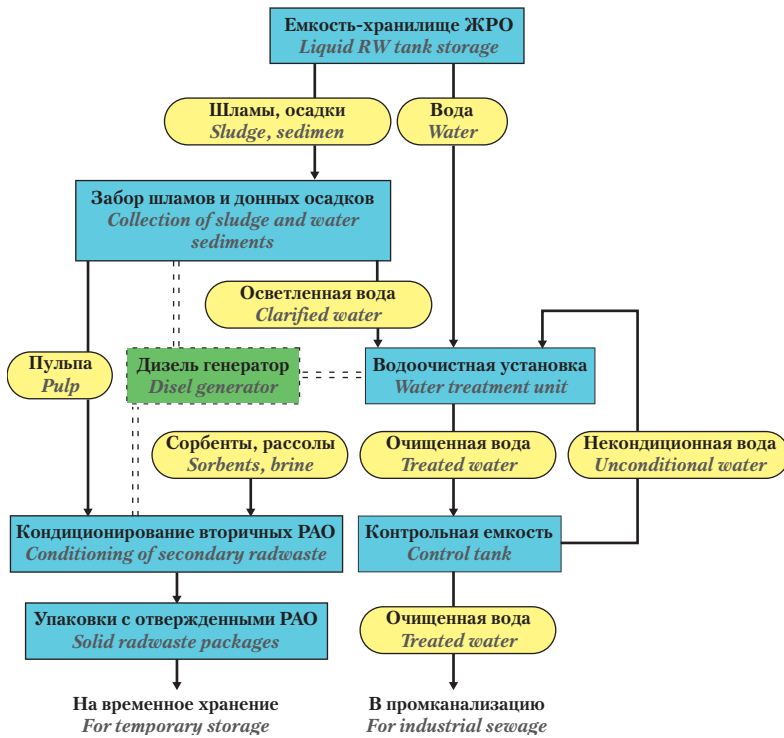


Рис. 1. Принципиальная схема переработки ЖРО
Fig. 1. Liquid radwaste treatment process diagram

- два фильтрационных модуля;
- микрофильтрационный модуль;
- ультрафильтрационный модуль;
- модуль обратного осмоса;
- модуль реагентно-ионообменно-го умягчения;
- модуль сушки жидких радиоактивных отходов;
- фильтры-контейнеры с неорганическими сорбентами для $^{134,137}\text{Cs}$ и ^{90}Sr (или ^{226}Ra);
- модуль цементирования вторичных РАО (в любой упаковке).

Общая принципиальная технологическая схема переработки ЖРО показана на рисунке 1. Для забора радиоактивных вод используется насос, ЖРО подаются сразу на каскад водоочистных установок (модулей). Шламы и осадки из придонной части емкости выкачиваются с помощью

- an ultra-filtration module;
- a reverse osmosis module;
- a reagent ion-exchange softening module;
- a module for drying of liquid radioactive waste;
- container filters with non-organic sorbents for $^{134,137}\text{Cs}$ and ^{90}Sr (or ^{226}Ra);
- a module for cementation of secondary radwaste (in any package).

The general process diagram of the plant is shown on figure 1. For retrieval of radioactive waste, a pump is used; then the waste is fed directly to the series of treatment installations (modules). Sludge and sediments from the near-bottom section of the tank are pumped out by means of a special device, and then sent to the sludge and sediments processing module. There, the waste flow is separated into two parts: the thickened pump that is fed directly to solidification and conditioning, and the clarified radioactive water, which is sent to the series of treatment modules. The specific composition of the cascade of treatment

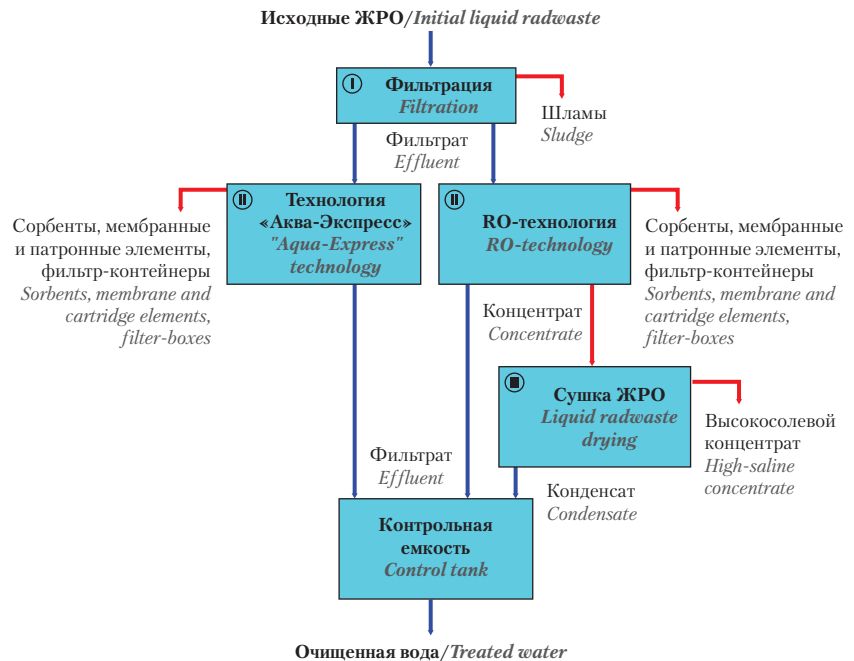


Рис. 2. Два варианта очистки жидких радиоактивных отходов
Fig. 2. Two basic options of liquid radwaste treatment process

■ In 2002-2008, the membrane-sorption technologies Aqua Express and RO were implemented on modular installations of four types.

Sponsored by the IAEA, small Aqua Express plants were supplied to the nuclear research centres in Bangladesh, Syria, Iran and Serbia, sponsored by the US DoE – to Uzbekistan, and to the Rostov subsidiary of RosRAO under the regional support programme. Under a project that involved a number of organisations and was carried out under the scientific and technical management of Radon Moscow, FSUE Zvezdochka in Severodvinsk received the Eco-3M modular installation. The Dunai modular plant was supplied to treat the radioactive effluents from the decommissioning of the first four VVER-440 reactors at Kozloduy in Bulgaria; this project also included participation from a number of organisations, with Radon Moscow providing scientific and technical support. Radon Moscow uses its Eco modular installation for the performance of work on outside sites.



Рис. 3. Водоочистные модули при очистке радиоактивных вод из емкости твердых отходов Благовещенского филиала ФГУП «РосРАО»
Fig. 3. Water treatment modules as used for processing of radioactive water from the solid radwaste storage tank RosRAO in Blagoveschensk

специального устройства и направляются на установку (модуль) забора шламов и донных осадков. В этом случае поток отходов делится на две части: сгущенную пульпу, которая сразу подается на отверждение и кондиционирование, и осветленную радиоактивную воду, которую направляют на каскад водоочистных установок (модулей). Состав каскада водоочистных установок (модулей) для каждого отдельного случая будет индивидуальным, однако можно выделить два основных варианта, которые различаются принципиально (рис. 2).

Технология «Аква-Экспресс» используется для очистки вод с химическим составом, близким к поверхностным водам, когда путем подбора сорбентов можно избирательно отделить радионуклиды от нерадиоактивных солей. Финишная стадия этой технологии – ультрафильтрация – задерживает все нерастворимые примеси и коллоиды, но пропускает растворенные нерадиоактивные соли, что значительно снижает объем вторичных РАО.

В «RO-технологии» используется процесс обратного осмоса, при котором мембраны задерживают любые примеси. Таким способом можно очистить ЖРО любого химического состава, но это требует большей степени концентрирования отходов (например, при помощи выпарки или сушки) для снижения объема вторичных РАО.

ДЕЗАКТИВАЦИЯ ЖРО В ГУБЕ АНДРЕЕВА

Модульное устройство установки «Эко» позволяет легко изменять технологическую схему переработки радиоактивных вод и использовать модули одновременно на различных объектах. Например, в 2007-2008 годах часть модулей установки находилась на Благовещенском филиале ФГУП «РосРАО» (Республика Башкортостан, рис. 3-4), другая часть модулей участвовала в работах по реабилитации «исторического» хранилища радиоактивных отходов «Мироновагора» (ПО «Севмаш», Северодвинск, рис. 5). Кроме того, несколько модулей были задействованы в дезактивации радиоактивных вод в губе Андреева (филиал №1 ФГУП «СевРАО»).

В работах по очистке жидких радиоактивных вод в губе Андреева было несколько особенностей. Главная

modules is chosen on an individual basis for every treatment project, but there are two basic options, which have some principal differences (fig. 2).

The Aqua-Express technology is used for treatment of water whose chemical composition is close to surface water, when through a selection of sorbents, radionuclides can be separated from non-radioactive salts. The final stage of this process is ultra-filtration, which traps all non-soluble admixtures and colloids, but lets dissolved non-radioactive salts pass, greatly reducing the amount of secondary radwaste.

The RO-technology uses the reverse osmosis process, in which membranes trap any admixtures. This can be used to treat liquid radwaste of any chemical composition, but demands a higher degree of waste concentration (for instance, by drying or evaporation) to reduce the amount of secondary radwaste.

DECONTAMINATION OF LIQUID RADWASTE IN THE ANDREEV BAY

The fact that the Eco plant is of modular design makes its process easily adaptable to the specific composition of radioactive water and use modules on various sites at the same time. For instance, in 2007-2008, some modules of the plant were in operation at the Blagoveschensk branch of RosRAO (in Bashkortostan, fig. 3-4), while other modules were taking part in the rehabilitation activities at the legacy radwaste storage site at Mironova Gora (Sevmash site in Severodvinsk, fig. 5). In addition, several modules were deployed at the Andreev Bay for the purposes of decontamination of radioactive water there (SevRAO branch No. 1).

The liquid radwaste treatment activities at the Andreev Bay had certain specifics. One major difficulty was that for the first time since 1984, specialists of Radon Moscow were facing the task of cleaning a storage tank out completely, both water and bottom sediments, as the tank had to be dismantled thereafter. The situation was further complicated by the fact that the site lies within a closed area with strict access limitations. Hence, significant challenges were experienced with the changing of the plant's make-up and delivery of additional equipment extra to the set that was originally introduced in the autumn of 2007. More tra-



Рис. 4. Модуль цементирования при отверждении тритиевых вод из емкости твердых отходов Благовещенского филиала ФГУП «РосРАО»
Fig. 4. Cementation module as used for solidification of tritium-containing water from the solid radwaste storage tank RosRAO in Blagoveschensk

была связана с тем, что впервые с 1984 года для сотрудников ГУП МосНПО «Радон» возникла необходимость полной очистки емкости, как от воды, так и от донных отложений, потому что впоследствии емкость-хранилище подлежала демонтажу. Осложняло ситуацию то, что объект находился в закрытом территориальном округе со строгим пропускным режимом. Это обусловило большие трудности с изменением или дополнением состава оборудования, ввезенного осенью 2007 года. Существовали и традиционные проблемы, связанные с согласованием намеченных работ с надзорными органами, такими как ФМБА, Ростехнадзор, надзорными органами Министерства обороны.

Поскольку на момент начала работ большая часть оборудования установки «Эко» находилась на других объектах, для дезактивации отходов была использована «РО-технология». Для упрощения управления установкой радиоактивные воды концентрировали непосредственно в емкости (помогло то, что содержание исходной воды было крайне низким, менее 0,2 г/л). Разумеется, по мере прохождения процесса в воде концентрировались все примеси, соли и взвешенные вещества. Последние несколько кубометров воды, которые были откачены с двенадцатиметровой глубины в небольшую емкость на поверхности рабочей площадки, представляли собой очень мутный радиоактивный раствор с содержанием около 10 г/л. Донные осадки были удалены из емкости вручную, при этом сотрудники «Радона» работали в специальных защитных костюмах.

Для максимального уменьшения объема вторичных отходов было принято решение концентрировать раствор в поверхностной емкости, насколько позволят возможности оборудования.

В результате работ объем жидких радиоактивных отходов был сокращен более чем в 100 раз. Полученные концентраты, зацементированные в пяти 200-литровых металлических бочках, и фильтр-контейнер с сорбентом ферроцианидного типа были направлены на длительное хранение.

Хочется надеяться, что подобные выездные работы будут продолжаться и в будущем, потому что эффективность использования передвижных модульных установок ежегодно доказывается на практике на протяжении многих лет.



Рис. 5. Установка «Эко» в хранилище «Миронова гора» (ФГУП «Севмаш», Северодвинск)
Fig. 5. Eco plant at the Mironova Mountain storage site (Sevmash, Severodvinsk)

ditional problems also existed associated with obtaining the approval of the activities by the regulatory authorities, such as the Federal Agency for Medicine and Biology, Rostechнадзор and the military authorities.

As at the time of start of the project, most of the Eco modules were in use on other sites, the RO-technology was applied to decontaminate the waste. To simplify control of the plant, radioactive waters were concentrated directly inside the storage tank (assisted by the fact that the original water content was very low, less than 0.2 g/l). Naturally, during the concentration process all admixtures, salts and suspended particles in the water concentrated. The final few cubic metres of water that were pumped out from the depth of 12 metres into a small tank on the surface of the site, were in fact an extremely muddy radioactive brine with the salt content about 10 g/l. The bottom sediments were collected from the tank by hand, with the Radon employees performing this operation wearing special protection gear.

In order to maximise the reduction of secondary radwaste it was decided to perform concentration of the brine in the surface tank, as far as capabilities of the equipment permitted.

As a result of the work, the amount of radioactive waste was reduced more than 100-fold. The concentrates, cemented in five 200-litre metallic drums, as well as the container filter with ferrocyanide sorbent were sent to long-term storage.

We would like to hope that such "guest visit" treatment projects will continue, as effectiveness of mobile modular installations has repeatedly proved in practice over a number of years.