

ОЧИСТКА ГРУНТА МЕТОДОМ ГИДРОСЕПАРАЦИИ

SOIL DECONTAMINATION BY HYDROSEPARATION

С.В. МИХЕЙКИН, *к.т.н.*
(ГУП МосНПО «Радон»)



S.V. MIKHEYKIN, *Candidate of Technical Sciences*
(SUE SIA Radon)

■ Загрязнение почвы естественными и искусственными радионуклидами – актуальная проблема обеспечения радиационной безопасности России. В результате аварии на Чернобыльской АЭС, проведения работ по созданию ядерного оружия, научных исследований, обслуживания атомных объектов пострадали значительные территории. Локальные участки радиоактивного загрязнения часто обнаруживаются в крупных городах, в том числе и в Москве, на старых свалках промышленных отходов и на предприятиях, работавших с радиоактивными веществами. Решению проблемы очистки почвы от радионуклидов может способствовать использование перспективной технологии гидро-seпарации.

Наиболее распространенный метод очистки грунта подразумевает снятие верхнего пласта и размещение его на длительное контролируемое хранение. При этом, однако, образуется большой объем радиоактивных отходов, а плодородный слой почвы зачастую полностью удаляется.

За последнее десятилетие было проведено множество исследований, направленных на решение проблем дезактивации почвы и реабилитации загрязненных территорий. Был предложен целый ряд методов – различные варианты электрохимического способа дезактивации, экстракционные технологии, предполагающие применение химических реагентов, фиторе-медиация, внесение в почву сорбентов и др. Многие из них, в конечном итоге, оказались несостоятельными, некоторые пока находятся в стадии разработки.

Ряд исследований, выполненных специалистами ПО «Маяк» на территории восточно-уральского радиоактивного следа, а также учеными академических институтов, Минсредмаша (ныне Росатом) и Минобороны при ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, показал, что большая часть радиоактивности аккумулируется в мельчайших частицах почвы. Таким образом, разделив грунт на фракции, можно выделить и сконцентрировать наибольшую часть загрязнения в одной из них – мелкодисперсной, которую затем можно будет удалить как РАО. Один из самых эффективных способов выделения такой фракции – гидро-сепарация. Сотрудники ВНИИИМ им. Бочвара пришли к выводу, что при применении этого способа вместе с мелкодисперсной илистой фракцией, которая составляет 10-15% массы грунта, удаляется до 90% радионуклидов.

Гидросепарация предполагает снятие верхнего слоя почвы, отделение крупных включений (размером более 10 мм), диспергирование почвенной массы в водном растворе, где происходит ее разделение на минераль-

■ *Pollution of soil with natural and artificial radionuclides is the urgent problem of radiation safety in Russia. Failure of the Chernobyl APP, development of nuclear weapons, scientific researches, nuclear ship services resulted in contamination of large areas. The local radioactive pollution areas could be frequently found out in the large cities, including Moscow, on the previous industrial waste dumps and on territories of the plants working with radioactive materials. Use of perspective hydroseparation technology can help to decide the problem of soil decontamination from radionuclides.*

The most widely used method of soil decontamination consists of removal of the top soil layer and its disposal for the long controllable storing. However large volumes of radioactive waste (RW) are formed, and the fertile layer of soil is being completely stripped.

Many researches had been carried out for last decade, concerning problems of soil deactivation and rehabilitation of contaminated areas. A lot of methods had been offered, including various variants of electrochemical deactivation, extraction using chemical reagents, phytoremediation, application sorbents for soils, etc. Many of them, finally, appeared to be inadequate, some methods are under development yet.

A number of studies performed in the area of the East-Ural radioactive trace by the specialists of the Mayak facilities, scientists from the academic institutes, Sredmash (now Rosatom) and Ministry of Defence during liquidation of consequences of Chernobyl APP failure, has shown that the most part of the radioactive elements are accumulated in the smallest soil particles. So having divided soil on fractions, it is possible to extract and concentrate the greatest contaminations in one of these fractions – the finest one which then can be removed as RW. One of the most effective methods for extraction of this fraction is hydroseparation. Specialists of the Bocharov Research Institute of Inorganic Materials (VNIINM) concluded, that application of this method together with fine soil muddy fraction which is about 10-15% wt. of soil, allows to extract up to 90% of radionuclides.

Hydroseparation includes removal of the top soil layer, separation of large particles (more than 10 mm), dispersion of soil in water solution where it is divided into mineral and organic components, classification of mineral particles by size. The decontaminated fractions can be returned back. And the "dirty" fraction, containing up to 95% of radioactive materials, should be condensed, dewatered and storage as RW for a long time. The clean soil can be returned to the selected area.

This technology is developed in Russia on request of the

ную и органическую составляющие, классификацию минеральных частиц по размеру. Очищенные от радиоактивного загрязнения фракции могут быть возвращены обратно. А «грязная», содержащая до 95% радиоактивных веществ, подлежит сгущению, обезвоживанию и дальнейшему длительному хранению как радиоактивные отходы. Чистый грунт может быть возвращен на место отбора.

Эта технология разрабатывается в России по заказу Брукхэвенской национальной лаборатории (BNL) при финансовой поддержке в рамках программы нераспространения (IPP) Министерства энергетики США. Первый этап проекта – «Разработка и применение полимерных агентов для повышения эффективности дезактивации почв» – осуществлялся во ВНИИНМ; здесь был разработан метод и изготовлена лабораторная установка дезактивации. Технологическая схема, предложенная российскими специалистами, позволила увеличить эффективность очистки грунта в 5-10 раз. При этом очищенная почва составляла 85-90% первоначального объема (это значительно больше, чем при применении других способов дезактивации).

Эффективность применения гидросепарации при дезактивации почвы была доказана в процессе реабилитации территории РНЦ «Курчатовский институт». Специалисты ВНИИНМ и Государственного научно-исследовательского и проектного института редкометаллической промышленности создали технологию дезактивации почвы на площадке захоронения отходов Курчатовского института. В ООО «Гормашэкспорт» (Новосибирск) была спроектирована и изготовлена экспериментальная установка производительностью 1 т/час (рис. 1).

Конструкция установки предусматривала возможность транспортирования. Технологические аппараты были объединены в единый блок, состоящий из трех модулей (дезинтеграции, классификации, сгущения и фильтрации). Помимо него в состав установки входили модуль очистки оборотной воды, а также системы подачи промывочной воды, пылеподавления и радиационного контроля.

В процессе работы была продемонстрирована высокая эффективность применяемой технологии. На стадии пусконаладочных испытаний установки выход «чистого» грунта составил 89,4% исходной массы. В режиме опытной эксплуатации (февраль – июль 2005 года) было дезактивировано 1 390 т почвы. Выделены «чистые» фракции: песок (фракция 3...+0,1 мм) и галька (фракция 100...+3 мм), 876 т и 226 т соответственно. Масса «грязной» фракции – кека (0,1...+0 мм) – составила 288 т. (См. доклад: Волков В.Г. и др. «Результаты опытной эксплуатации установки дезактивации грунта», представленный на VIII Международной конференции «Безопасность ядерных технологий: экономика безопасности и обращение с

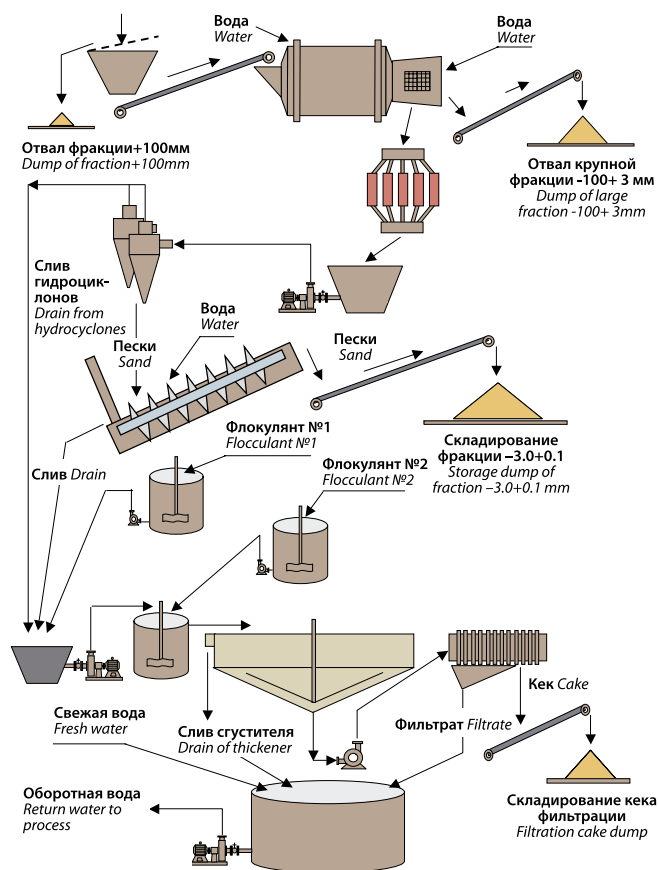


Рис. 1. Схема экспериментальной установки дезактивации почвы

Fig. 1. Soil decontamination flow sheet

Brookhaven national laboratory (BNL) and financial support within the framework of the non-proliferation program (IPP) of the US Ministry of Power. The first stage of the project – “Development and application of polymeric agents for increasing of efficiency of soil deactivation” has been developed in VNIINM, where the method has been developed and the laboratory deactivation unit has been produced. The technological flow sheet offered by the Russian specialists has allowed to increase efficiency of soil decontamination by 5-10 times. The decontaminated soil was 85-90% of initial volume (much more than in case of application of other deactivation methods).

Efficiency of hydroseparation for soil deactivation has been proved during rehabilitation of the territory of the Russian Research Centre “Kurchatov Institute”. The specialists from VNIINM and the state R&D institute of the rare-metal industry have developed technology of soil deactivation on the waste disposal site of the Kurchatov institute. In OJSC Gormashexport (Novosibirsk) the experimental unit with productivity of 1 t/hr has been designed and manufactured (fig. 1).

The design of the unit provided its transportation. The technological blocks have been mounted into the one assembly consisting of three modules (decomposition, classification, condensation and filtration). Besides the unit included the cleaning module of return water and also the systems of wash water supply, dust protection and radiation control.

High efficiency of used technology has been shown in process. During commissioning of the unit the output of “clean” soil was 89,4 % of initial weight. In operation mode (February – July 2005) 1390 tons of soil had been decontaminated. The “clean” fractions were extracted: sand (fraction 3 ... +0,1mm) and pebble

источниками ионизирующих излучений», Санкт-Петербург, 26-30 сентября 2005 года).

Специалистам удалось добиться стабильной работы установки при производительности 2000-2200 кг/час по исходному грунту, что более чем в два раза больше проектной. Коэффициент дезактивации составил 4,0-5,0 (то есть объем отходов уменьшился в 4-5 раз). Этот показатель соответствует запланированному в проекте, более того, он является максимально возможным при данной аппаратной схеме установки.

В настоящее время выполняется второй этап проекта – «Применение полимерных препаратов для повышения эффективности дезактивации почвы». Итогом сотрудничества ГУП МосНПО «Радон», МГУ, ПО «Маяк» и ООО «Гормашэкспорт» станет создание пилотной установки дезактивации почв следующего поколения. В отличие от предыдущей, она будет мобильной и оснащена более компактным оборудованием. Такая конструкция позволит использовать установку для осуществления дезактивационных работ, которые ведут специалисты Центра ТПТ РАО и РАР ГУП МосНПО «Радон», как в Москве и Подмосковье, так и во всем Центральном регионе России. Для выделения мелкодисперсной фракции предполагается применять усовершенствованные флокулянты на основе ИПЭК.

После испытаний на ГУП МосНПО «Радон» опытная мобильная установка, предположительно, будет работать и на предприятиях Росатома.

(fraction 100 ... +3 mm), in quantity of 876 tons and 226 tons accordingly. The weight of "dirty" cake fraction (0,1 ... +0 mm) was 288 tons. (See the report by V. Wolfov et al. "Results of pre-production operation of the soil deactivation unit" at the VIII International Conference "Nuclear technology safety: economy of safety and radiation source management", St.-Petersburg, September 26-30, 2005).

The specialists could achieve stable work of the unit in the range of productivity of about 2000-2200 kg/hr by initial soil, that is twice more than the designed value. The deactivation coefficient was 4,0-5,0 (that is the waste volume has decreased by 4-5 times). This parameter meets the planned one in the project, moreover, it is the maximum value possible for the unit with such hardware circuitry.

The second stage of the project – "Application of polymeric agents for increasing of efficiency of soil deactivation" is performed now. The development of the pilot soil decontamination unit of next generation will be the result of cooperation of SUE SIA Radon, Moscow State University, Mayak and OJSC Gormasheksport. Compared to the previous one, this unit will be mobile and equipped with more compact equipment. This design will allow to use the unit for decontamination works which the specialists from the TPT RW Center and Moscow Radon carry out both in Moscow and the Moscow Region and in the Central Russia. The advanced flocculants based on the interpolyelectrolyte complexes (IPEC) are supposed to be used for extraction of the fine fractions.

It is supposed, that after tests in Moscow Radon the pilot mobile unit will work at Rosatom plants.

■ **Для более полного и быстрого осаждения мелких частиц из водной суспензии применяются различные флокулянты.** С целью повышения эффективности процесса осаждения ученые кафедры высокомолекулярных соединений химического факультета МГУ и ВНИИНМ разработали новые полимерные агенты на основе интерполиэлектролитных комплексов (ИПЭК), которые могут быть использованы как флокулянты многократного использования.

Этот класс соединений успешно применялся при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в 1986-1987 годах для уменьшения ветровой эрозии загрязненных почв. Сегодня в России запатентована технология применения ИПЭК в качестве флокулирующего агента для дезактивации грунта (См.: Михейкин С.В. и др. «Способ очистки почв и грунтов от радионуклидов и тяжелых металлов». Патент РФ № 2275974, приоритет от 20.01.2004 г).

ИПЭК – продукты реакции между противоположно заряженными полианионами и поликатионами. За счет электростатического взаимодействия они наиболее полно, по сравнению с обыкновенными флокулянтами, связывают частицы почвы. Однако главное преимущество ИПЭК состоит в возможности контроля их растворимости путем изменения концентрации низкомолекулярного электролита. После агломерации и удаления загрязненных частиц полимер может быть практически полностью растворен и использован повторно. Это ведет к уменьшению объема радиоактивных отходов, направляемых на длительное хранение, и снижает общую стоимость реагентов, используемых при очистке грунта.

■ **Various flocculants are used for complete and quick sedimentation of the fine particles from water suspension.** To increase efficiency of the sedimentation process the scientists from the high-molecular chemical substance department of the Moscow State University and VNIINM developed the new polymeric agents based on interpolyelectrolyte complexes (IPEC) which can be used as repeated flocculants.

This class of substances was successfully used during liquidation of consequences after the accident at the Chernobyl APP in 1986-1987 to reduce wind erosion of contaminated soils. Today the technology of IPEC application as the flocculation agent for soil deactivation is licensed in Russia (See S.Mihejkin, et al. "Method of Soil Decontamination from Radionuclides and Heavy Metals". Patent of Russia №2275974, priority from 01/20/04).

IPEC – products of reaction between opposite charged polyanions and polycations. Due to electrostatic interaction they bond the soil particles more strongly in comparison with the standard flocculants. However main advantage of IPEC is opportunity to control their solubility by changing concentration of low-molecular electrolyte. After agglomeration and removal of the contaminated particles the polymer can be dissolved practically in full and used repeatedly. It results in decrease of the radioactive waste volumes assigned to the long-term storage sites and in decrease of total cost of the reagents used for soil decontamination.