

# РЕАГЕНТНАЯ ДЕЗАКТИВАЦИЯ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

## REAGENT SOIL DEACTIVATION TECHNOLOGY DEVELOPMENT

В.Б. НИКОЛАЕВСКИЙ, *к.х.н.*,  
В.В. РОДИОНОВ, *к.т.н.*,  
М.Ю. ШЕГЛОВ, *к.т.н.*,  
(ГУП МосНПО «Радон»)



V.B. NIKOLAYEVSKY, *Candidate of Chemistry*,  
V.V. RODIONOV, *Candidate of Technical Sciences*,  
M.YU. SCHEGLOV, *Candidate of Technical Sciences*,  
(SUE SIA Radon)

■ В последние годы растет объем радиоактивных грунтов, изъятых с территорий промышленных предприятий Центральной России. Такие грунты подлежат длительному хранению как твердые радиоактивные отходы. Однако относительно низкий уровень активности этих материалов и отсутствие технологии их переработки приводят к нерациональному использованию объемов хранилищ. Чтобы решить эту проблему, специалисты ГУП МосНПО «Радон» работают над созданием технологии реагентной дезактивации грунтов.

Наиболее простой технологией переработки загрязненных грунтов является гидравлическая классификация, которая в различных комбинациях широко применяется в гидromеталлургической промышленности. Однако использование такого метода позволяет снизить удельную активность грунта только в 4–5 раз, и при высоком уровне загрязнения не удается получить чистую песковую фракцию с минимальной активностью, соответствующую требованиям.

Технология реагентной дезактивации, созданная специалистами ГУП МосНПО «Радон», включает полный производственный цикл выщелачивания радионуклидов из грунта, при этом практически весь материал дезактивируется до нормативных значений и может быть возвращен на место изъятия (например, на территорию производственной зоны предприятия). Образующийся в результате очистки радиоактивный концентрат подлежит захоронению.

Разработку этой технологии проводили на реальных пробах песчаного и супесчаного грунта с большим количеством включений крупнокускового материала естественного и техногенного происхождения. При этом дезактивации подвергался весь объем грунта. Удельная активность проб составляла 60–130 кБк/кг, основным радионуклидом-загрязнителем был  $^{137}\text{Cs}$ . Исследования показали, что для очистки грунта наиболее эффективно выщелачивание в агитационном режиме (т.е. при пере-

■ For the last few years, the volume of radioactive soil from

industrial sites of the Central Russia has been growing steadily. Such soil is classed as solid radioactive waste and is subject to long-term storage. However, the relatively low activity level and the absence of reprocessing technology lead to unpractical use of the repository space.

To solve this problem, specialists of SUE SIA Radon are developing a technology of reagent soil deactivation.

The easiest technology of reprocessing contaminated soil is the hydraulic classification that is widely applied in hydrometallurgical industry. However, this method allows to reduce the specific activity of the soil only 4–5 times; it is impossible to produce a clean sand fraction with minimum activity that would meet the corresponding norms.

The technology of reagent deactivation developed by the specialists from SUE SIA Radon includes a full production cycle of radionuclide leaching from soil. In the process, practically all the material is deactivated to the regulatory values and can be returned to its place of origin (for example, to the industrial site). The radioactive concentrate, which results from reprocessing, is subject to disposal.

This technology was developed on real sand and sabulous soil samples with a lot of rough material of natural and man-made origin; the whole volume of soil was deactivated. The specific activity of the samples was 60–130 kBq/kg, the main radionuclide being  $^{137}\text{Cs}$ . Research showed that 7–8-hour leaching in agitation regime with mixed reagent on the basis of mineral acids solution is most effective for soil decontamination. The optimum temperature proved to be over 80 °C, the ratio of solid and liquid phases (S:L) in pulp was 1:1 or 1:1.5. Such decontamination provided over 90 % of soil deactivation, the residual specific activity was no more than 7 kBq/kg. Benchmark tests on 5-kg samples proved these results.

мешивании) в течение 7–8 часов с использованием смешанного реагента на основе растворов минеральных кислот; оптимальная температура — более 80 °С, соотношение твердой и жидкой фаз (Т:Ж) в пульпе — 1:1 или 1:1,5. При такой дезактивации степень очистки грунта составляла более 90%, остаточная удельная активность не превышала 7 кБк/кг. Стендовые испытания на пробах массой 5 кг подтвердили эти данные.

Пилотные испытания, охватывающие весь технологический цикл дезактивации, проводились на пробах грунта массой 50–70 кг (в общей сложности было переработано более 600 кг загрязненного материала).

□ Основные требования, предъявляемые к технологии дезактивации радиоактивных материалов для снижения радиационного воздействия на персонал и окружающую среду:

- минимальное количество технологических операций,
- герметичность оборудования и простота его обслуживания,
- возможность автоматизации процесса.

To reduce the radiation impact on the personnel and the environment, the following requirements to the technology of radioactive materials deactivation are used:

- minimum number of technological operations,
- hermetically sealed equipment, easy to operate,
- the possibility to make the process automatic.

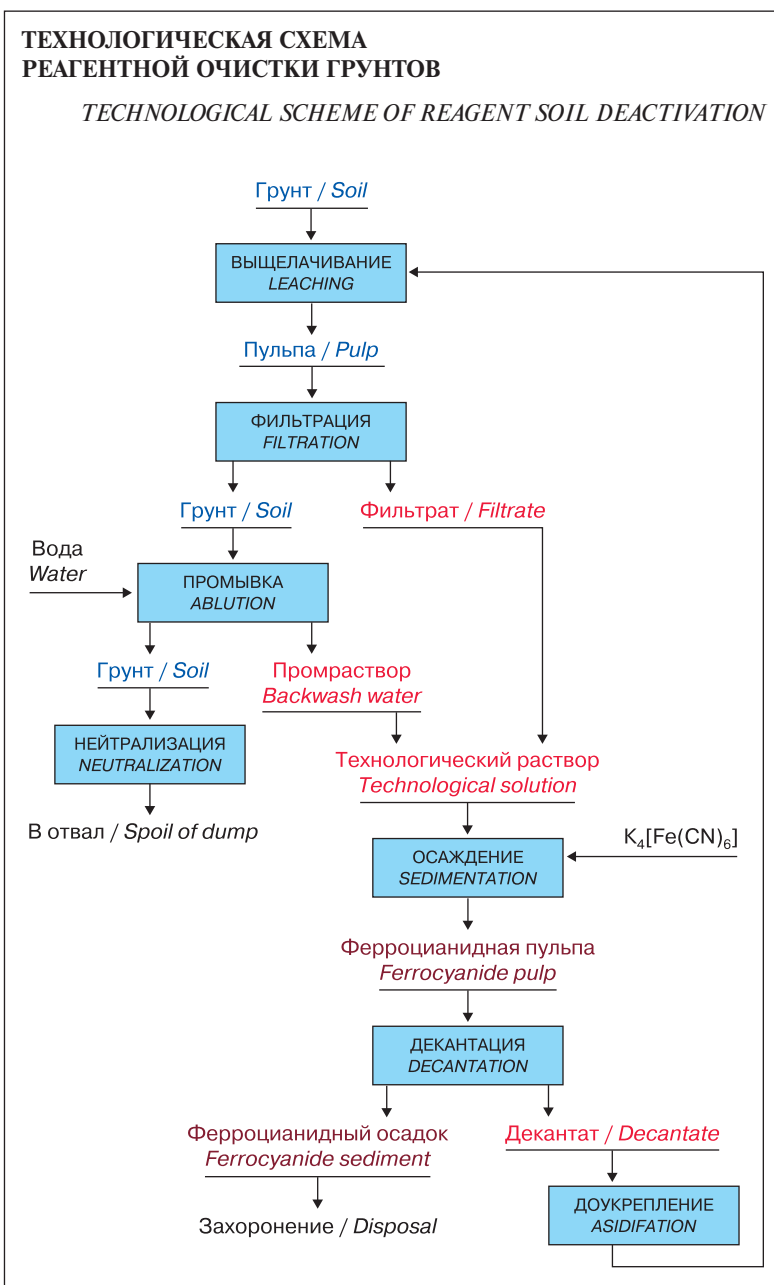
Pilot tests embracing the whole technological cycle of deactivation were conducted on soil samples weighing some 50–70 kg. On the whole, over 600 kg of soil was reprocessed.

Since the leaching solution contains a lot of acid (up to 300 g/l), it was necessary to work out a regime of its multiple application. For this purpose, Radon specialists deactivated 10 samples of radioactive soil in the closed cycle of the technological solution circulation. During the tests, technological indices of the process remained stable.

Besides, in the course of pilot tests the regimes of water washing of the soil and neutralization of unbalanced backwash water were worked out and other technical problems solved. For example, for agitation leaching, different reactors with agitating units were used. This requires preliminary separation of the soil; besides, in case of an emergency or routine shutdown, restarting of the reactor requires manual unloading of the mechanism. Therefore, Radon specialists used for leaching a rotating mixer reactor of butara type developed and built especially for the pilot tests. To heat the pulp during rotation, a special conducting collector was designed.

The tests were conducted as follows. The contaminated soil was loaded into the mixer reactor, leaching solution was fed, the reactor was set rotating and the electric heating turned on. The process of leaching took from 6 to 8 hours. After that, the pulp was unloaded into the nutsch filter, where the technological solution was separated and the clean soil washed. After additional neutralization of the residual acidity, the soil was sent into the slag-heap. The reagent treatment allowed to reduce the activity of the material some 15–20 times.

After the technological solution had been used, it went through ferrocyanide cleaning in the thickener reactor by adding yellow blood salt to the solution. The cleaned solution, after its reagent composition had been corrected, was reused for leaching; the ferrocyanide pulp was settled and, after condensation, sent for filtration; the residue from this procedure was shipped to the radioactive waste repository. In the course of reagent deactivation, the ferrocyanide residue absorbed 97–99% of  $^{137}\text{Cs}$  that had transferred from the contaminated soil into the



Так как выщелачивающий раствор содержит большое количество кислоты (до 300г/л), в ходе испытаний было необходимо отработать режим его многократного использования. Для этого специалисты «Радона» дезактивировали 10 проб радиоактивного грунта в замкнутом цикле оборота технологического раствора, при этом технологические показатели процесса в ходе испытаний оставались стабильными.

Кроме того, в ходе пилотных испытаний были отработаны режимы водной отмывки грунта и нейтрализации дебалансных промывных вод, а также решены другие технические задачи. Например, для агитационного выщелачивания обычно используют разнообразные реакторы с мешалками. Здесь необходима предварительная сепарация грунта и, вдобавок при аварийных и плановых остановках повторный запуск реактора требует ручной разгрузки аппарата. Поэтому при выщелачивании специалисты «Радона» использовали вращающийся реактор-смеситель типа бутары, разработанный и изготовленный специально для проведения пилотных испытаний. Для подогрева пульпы при вращении был создан токоподводящий коллектор.

Испытания проходили следующим образом. В реактор-смеситель загружали загрязненный грунт и подавали выщелачивающий раствор, реактор приводили во вращение и включали электроподогрев. Продолжительность процесса выщелачивания составляла 6—8 часов. Затем пульпу выгружали в нутч-фильтр, где осуществлялись отделение технологического раствора и промывка очищенного грунта. После дополнительной нейтрализации остаточной кислотности грунт направляли в отвал. В результате реагентной обработки активность материала снижалась в среднем в 15—20 раз.

Технологический раствор после использования подвергали ферроцианидной очистке в реакторе-сгустителе путем введения в раствор желтой кровяной соли. Очищенный раствор после коррекции его реагентного состава снова подавали на выщелачивание; ферроцианидную пульпу отстаивали и уже в сгущенном виде направляли на фильтрацию, а полученный в результате этой процедуры осадок — в хранилище твердых радиоактивных отходов. В результате реагентной дезактивации ферроцианидный осадок абсорбировал 97—99% <sup>137</sup>Cs, перешедшего в раствор из загрязненного грунта, при этом удельная активность раствора снижалась со 100 кБк/л до 1 кБк/л и менее. Удельная активность осадка составляла 16—28 кБк/г, что более чем на два порядка выше исходной удельной активности грунта. Таким образом, данная технология обеспечивает снижение объема твердых радиоактивных отходов, подлежащих долговременному хранению, в 100—200 раз.

Пилотные испытания позволили специалистам ГУП МосНПО «Радон» спроектировать и изготовить опытную установку с единовременной загрузкой 0,8—1,2 т грунтового материала, использование которой позволит отработать технологии реагентной дезактивации для грунтов различного типа.

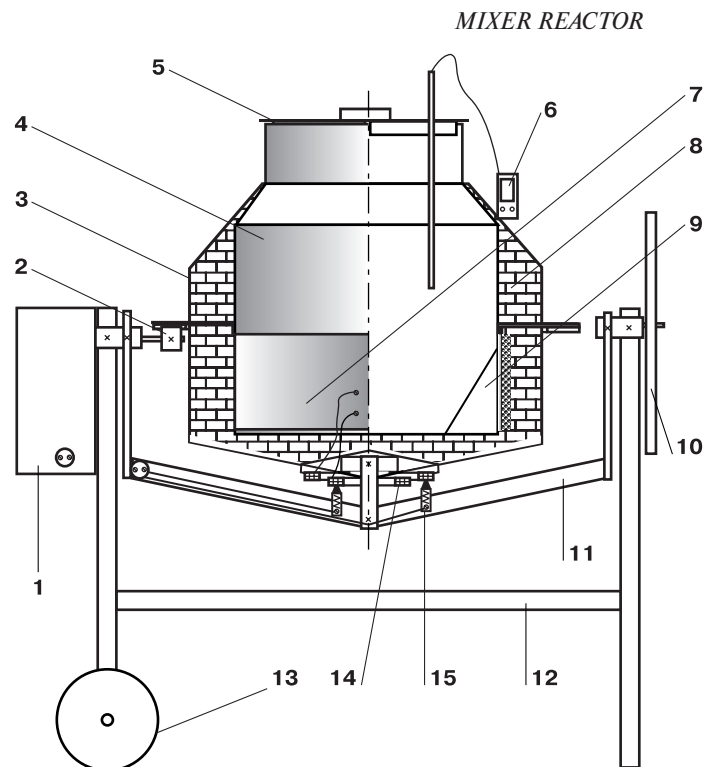
*solution. The specific activity of the solution was reduced from 100 kBq/l to 1 kBq/l and less. The specific activity of the residue amounted to 16—28 kBq/g, that is 2 orders higher than the initial specific activity of the soil. Thus, this technology reduces the volume of solid radioactive waste that is to go into long-term storage, by 100—200 times.*

*Pilot tests allowed the specialists from SUE SIA Radon to design and manufacture a pilot plant with the capacity of 0.8—1.2 t of soil; the plant allows to work out the technology of reagent deactivation for different types of soil.*

□ **Технология реагентной дезактивации, созданная специалистами ГУП МосНПО «Радон», включает полный производственный цикл выщелачивания радионуклидов из грунта, при этом практически весь материал дезактивируется до нормативных значений и может быть возвращен на место изъятия.**

*The technology of reagent deactivation developed by the specialists from SUE SIA Radon includes a full production cycle of radionuclide leaching from soil. In the process, practically all the material is deactivated to the regulatory values and can be returned to its place of origin.*

**РЕАКТОР-СМЕСИТЕЛЬ**



- 1. Электропривод / Electric drive; 2. Зубчатый привод / Rack gear; 3. Защитный несущий корпус / Protective body; 4. Рабочий корпус из нержавеющей стали / Stainless steel operational body; 5. Крышка Cover; 6. Термодатчик / Heat sensor; 7. Хомутной термоэлектронагреватель (ТЭН-2х2 кВт) / Clamp electric heater (TEN-2x2kWt); 8. Утеплитель минеральный / Mineral insulant; 9. Перемешивающая лопатка Mixer blade; 10. Поворотное колесо / Castor; 11. Опрокидывающая рама / Tilting frame; 12. Несущая рама / Carrying frame; 13. Транспортировочный ролик / Transfer roller; 14. Токосъемное кольцо Collecting ring; 15. Щетка меднографитная / Copper-graphite brush.