

# **Технология сортировки и обезвреживания грунтов, загрязненных ртутью**

**Донских Д.К, Донских К.Д.**

**ООО «Мерком», Московская обл., г. Лыткарино, промзона Тураево, стр. 8  
(Доклад на Конференции «Обращение с отходами, последствия «Регуляторной Гильотины», год 2021», г. Екатеринбург, 2021 г.)**

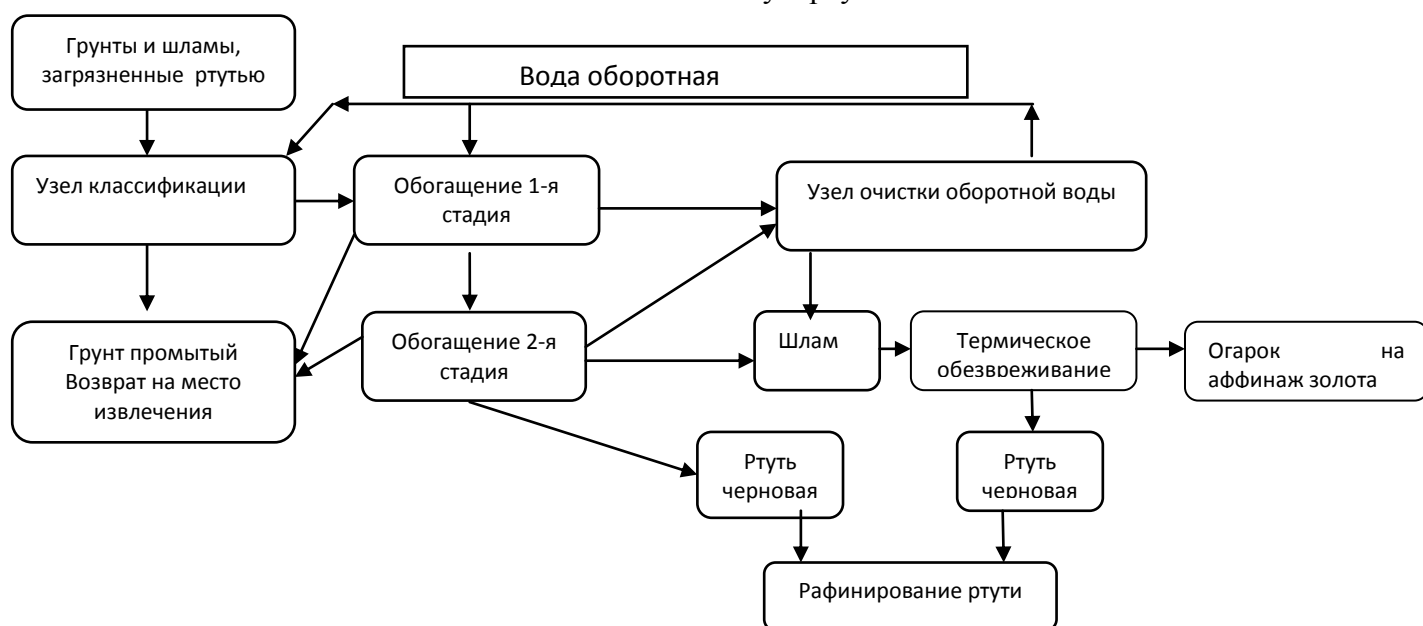
На территории промышленных предприятий Российской Федерации было потеряно более 3000 тонн ртути. Ежегодно из мест хранения отходов промышленных предприятий в почвогрунты поступает до 50 т, в воздух до 3.5 т ртути. За весь период добычи золота в России в окружающую среду могло поступить 6350-6690 т ртути, из них 6125-6660 т за счет потерь при амальгамировании и 230-245 т в результате извлечения с золотосодержащими рудами и породами. /1/

В мировой практике наибольшее распространение термический способ обезвреживания ртутьсодержащих отходов при температуре 450 – 800 оС. Извлечение ртути составляет 92-94%, выбросы технологических газов – 1500 – 2000 м3 на 1 тонну обжигаемого материала. Остаточное содержание ртути в огарках составляет 20 – 4000 мг/кг. Огарки не могут быть использованы для рекультивации территорий по законодательству РФ и складироваться на территории предприятий переработчиков /2,3.4/. Стоимость термической переработки составляет от 25000 до 200000 рублей за 1 тонну отходов без учета транспортных расходов

В 2020 году, в связи с началом работ на территории ООО «Усольехимпром» и, решением Президента Российской Федерации о начале работ по ликвидации накопленного экологического ущерба на территории Российской Федерации, обращением одного из приисков Амурской области за помощью в ликвидации ртутного загрязнения на территории прииска, незавершенной работой по очистке загрязненных ртутью территорий золотодобычи Республики Судан, начатой по Решению Межправительственной Комиссии в 2016 году, некоторым изменением технологии сортировки грунтов, испытанной нами в 2012-2013 годах на грунтах и шламах ООО «Усольехимпром» (Патент РФ №2 667 967), нами было принято решение о создании опытно-промышленной установки по обезвреживанию грунтов и шламов и ее испытаниях на реальных пробах, отобранных в местах характерных загрязнений.

Технологическая схема обезвреживания грунтов и шламов, загрязненных металлической ртутью, приведена на рис. 1.

Рис. 1. Технологическая схема очистки грунтов и шламов, содержащих металлическую ртуть



Разработанная технология испытана в 2012-2013 годах на грунтах, извлеченных из мест розливов ртути в Московской области, грунтах и шламах, отобранных на территории цеха ртутного электролиза ООО «Усольехимпром» в 2012 году по Соглашению с Администрацией Иркутской области. /5,6/

После переработки грунтов, извлеченных из мест розливов ртути на берегу р. Москвы, остаточное содержание ртути в 60 - 80% промытого грунта не превышало 2,1 мг/м<sup>3</sup>. Грунт V класса опасности по коду ФККО 8 11 100 01 49 5 «Отходы грунта при проведении открытых земляных работ практически неопасные» может быть использован путем обратной засыпки для итоговой планировки участка (при постоянном контроле обезвреженных партий грунта на токсичность). Шламовая часть обезвреженных грунтов, содержание ртути в которой не превышало 100 мг/кг, соответствуют классу опасности IV (малоопасные отходы) и могут быть захоронены на полигонах, имеющих лицензию на захоронение отходов по коду 8 11 111 1149 4 «Отходы грунта при проведении открытых земляных работ малоопасные»;

При переработке грунтов, извлеченных из под полов цеха ртутного электролиза Усольехимпром получены следующие результаты: Содержание ртути в исходной пробе грунта составляло – 2,42% (расчетно, по количеству ртути, обнаруженной в полученных продуктах). Извлечение ртути в товарный продукт составило – 75,13 %. Остаточное содержание ртути в промытом грунте составляло 0,4 - 0,7%, грунт был направлен на термическую переработку. Проба грунта была заражена шламом и содержала соединения ртути. /5/

При переработке шлама цеха ртутного электролиза Усольехимпром, содержащего о 20,65% ртути (расчетно, по количеству ртути, обнаруженной в полученных продуктах), извлечение ртути в товарный продукт составило 84,53%. Остаточное содержание ртути в шламе составило 4,5%. Промытый шлам был направлен на термическую переработку. /5/

Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления" внес в законодательную практику понятие ртутьсодержащих отходов II, III, IV и V классов опасности. Отходы IV класса опасности – малоопасные отходы, разрешены к захоронению, отходы V класса опасности – практически не опасные отходы, разрешены к использованию при рекультивации территорий. Исследованиями 2014 и 2017 года мы доказали, что отходы, содержащие ртуть до 100 мг/кг относятся к IV классу опасности и подали заявление о включение таких отходов в Федеральный каталог отходов. В 2014 году мы получили категорический отказ, в 2017 году наше предложение было направлено «на рассмотрение в ФБУ «ФЦАО» для организации проверки обоснованности установления классов опасности отходов для окружающей природной среды». Результаты рассмотрения нашего предложения мы не получили, но в 2018 году в ФККО появились «отходы грунта при проведении открытых земляных работ практически неопасные», код по ФККО 8 11 111 12 49 5, и «отходы грунта при проведении открытых земляных работ малоопасные», код по ФККО - 8 11 111 11 49 4.

В прошедшие годы нами проводились исследования по совершенствованию разработанной технологии в направлении повышения извлечения ртути и снижению содержания ртути в продуктах переработки с получением отходов IV класса опасности. Найденные решения были запатентованы в Российской Федерации (Патент РФ №2667967)./7/

В 2021 году с использованием серийно выпускаемого оборудования нами была создана установка, и проведены опытно-промышленные испытания совершенствованной технологии и аппаратурного оформления процесса сортировки и обезвреживания грунтов, загрязненных ртутью. Опытно-промышленные испытания проводили по следующей методике:

Пробы грунта промывали на вибросите ИВС-21 с размером ячейки сита 10 мм, орошаемом оборотной водой под высоким давлением. Скорость подачи грунта регулировали, добиваясь полноты промывки фракции +10 мм. Поверхность кусков фракции +10 мм контролировали на содержание ртути. В случае обнаружения следов ртути на поверхности кусков, фракцию +10 мм повторно промывали в барабанном сепараторе.

Фракцию - 10мм обезвоживали в шнековом классификаторе и направляли на первую стадию обогащения, через постель которой проходила переменная по направлению вертикальная струя оборотной воды. Ртуть, выделенную на стадии классификации, выводили из процесса и объединяли с ртутью, выделенной при обогащении.

Верхний слив первой стадии обогащения обезвоживали в шнековом классификаторе (воду направляли в установку очистки оборотной воды), контролировали на содержание ртути и упаковывали в пластиковые бочки. Нижний слив обогащения направляли в отстойник, где отделяли металлическую ртуть от концентрата ртути и золота, при его наличии. Концентрат ртути и золота, загрязненный мелкодисперсной ртутью или водонерастворимыми формами ртути, собирали в герметичные емкости и направляли на термическое обезвреживание. Осветленную оборотную воду возвращали в цикл. В процесс возвращали воду, использованную для уборки помещения.

Ежесменно контролировали содержание ртути в воздухе рабочей зоны и содержание ртути в оборотной воде.

В июле – ноябре 2020 года на одном из приисков Амурской области нами проведено обследование территории на предмет загрязнения территории ртутью, В выявленных местах ртутного загрязнения отобраны пробы грунтов общей массой 2796,5 кг. Отобранные пробы были доставлены в г. Лыткарино Московской области и проанализированы на содержание ртути и золота в лаборатории ООО «Мерком» и Аналитическом центре «Ансертеко». Результаты анализа показали, что содержание ртути в проанализированных образцах составляло от 8 до 40 мг/кг, золото обнаружено только в двух образцах грунта (Протокол Центра «Ансертеко» прилагается).

Испытания показали, что выход фракции +10 мм составил 33,5% от массы пробы грунтов, содержание ртути в промытом грунте не обнаружено (предел обнаружения прибора 1,5 мг/кг). (ПДК – 2,1 мг/кг). Из шнекового классификатора извлекли 30 г металлической ртути.

Выход продуктов переработки содержанием ртути менее 1,5 мг/кг (ПДК – 2,1 мг/кг), которые могут быть возвращены в место извлечения, без какого либо ущерба для окружающей природной среды, составил более 80%. Около 20% промытого материала (Концентрат второй стадии обогащения с содержанием ртути около 20 мг/кг и осадок сгустителя с содержанием ртути 12,9 мг/кг) подлежит термической переработке для извлечения ртути и золота.

Содержание золота в промытом материале не обнаружено (чувствительность методики 0,01 мг/кг), в концентрате второй стадии обогащения содержание золота

составило 0,8 мг/кг. Основная часть золота – более 90%, содержавшегося в исходной пробе грунта, сосредоточилась в нижнем сливе второй стадии обогащения (0,8 мг/кг) и осадке сгустителя (0,044 мг/кг). Предположительно, это тонкое, пластинчатое золото, не извлекаемое традиционными методами промывки.

Ртуть, содержащаяся в исходной пробе грунта, извлечена в металлическую ртуть на 95,55%. Принято решение повторить испытания на пробе грунтов с более высоким содержанием ртути и золота.

Опытно-промышленные испытания технологии сортировки грунтов проведены на пробе грунтов массой 1569 кг, переданных на утилизацию структурами МЧС Московской области. В составе грунта просматривались капли ртути. Содержание ртути в исходной пробе грунта составило 1,11% (11 100 г/т). Содержание ртути в исходной пробе определено расчетно по количеству ртути, определенному в продуктах переработки.

В результате проведенных испытаний получено 1041,5 кг грунта IV класса опасности (66,38% от массы переработанного грунта), 455,2 кг осадка сгустителя (29,01%) с содержанием ртути 214,1 мг/кг, подлежащего термическому обезвреживанию, и 18,3 кг металлической ртути, которое может быть использовано для производства товарной ртути. Извлечение ртути в металлическую ртуть составило 99,23% от массы ртути, содержавшейся в грунте.

Содержание ртути в воздухе рабочей зоны не превышало 0,005 мг/м<sup>3</sup>. Вывод оборотной воды не потребовался, систему было добавлено около 200 л воды из системы водоснабжения ООО «Мерком».

Технологическая схема процесса сортировки грунтов и шламов не предусматривает вывод оборотной воды из процесса, но на переработку может поступать обводненный грунт, извлекаемый из обводненных пластов. Кроме того, при завершении процесса обезвреживания загрязненных территорий возникает необходимость освобождения емкостей системы оборотного водоснабжения. По этой причине комплекс оборудования процесса включает установку мембранной очистки оборотной воды до уровня, позволяющего передавать очищенную воду в систему канализации региона. ПДК сточных вод (для неорганических соединений в пересчёте на двухвалентную ртуть) — 0,005 мг/л;

Очистку оборотной воды, накопившейся в процессе опытно-промышленных испытаний, осуществляли по следующей методике:

Оборотную воду фильтровали на стандартных патронных фильтрах с размером пор 5 мкм и пропускали через стандартные мембраны с размером пор на уровне нанофильтрации (0,003–0,008 мкм) и мембран обратного осмоса (0,0006–0,003 мкм).

Пробы воды анализировали в Аналитическом центре «Роса». (Протоколы результатов анализа и расшифровки проб прилагаются в Приложении №2)

Содержание ртути в пробе оборотной воды установки (Проба № 22) составляло 0,019 мг/л, традиционная фильтрация (Проба №23) не оказала существенного влияния на содержание ртути в воде. При фильтрации воды на наномембране содержание ртути в фильтрате составило менее 0,0002 мг/л (уточнение 0,00005 мг/л), при фильтрации на мембране обратного осмоса 0,00025-0,00037 мг/л, чего вполне достаточно для передачи очищенной воды в системы городской канализации (ПДК – 0,005 мг/л) и водные объекты хозяйственно-питьевого и культурного водопользования ПДК – 0,0005 мг/м<sup>3</sup>).

Результаты опытно-промышленных испытаний разработанной нами технологии показали что:

- Разработанная технология применима для обезвреживания грунтов, извлеченных из мест, загрязненных ртутью, образованных:
  - В результате разливов ртути жилых зонах,
  - В результате использования ртути при кустарной добыче золота.
  - При ликвидации загрязнения в зоне производства хлора и каустика ртутным методом или иного промышленного использования ртути в промышленном производства.
  - Установка работает без выбросов технологических газов и сброса сточных вод.

Разработанная технология позволяет:

- Выделить металлическую ртуть, содержащуюся в грунте, в отдельный товарный продукт на 95 – 99%;
- снизить класс опасности грунтов и использовать переработанный грунт либо как «отходы грунта при проведении открытых земляных работ практически неопасные», код по ФККО 8 11 111 12 49 5 для реабилитации территории обезвреживания, либо для захоронения его на полигонах как «отходы грунта при проведении открытых земляных работ малоопасные», код по ФККО - 8 11 111 11 49 4;
- Снизить объемы отходов, направляемых на термическое обезвреживание в 4 – 5 раз и снизить нагрузку на систему очистки технологических газов установок термической переработки ртутьсодержащих материалов;
- Снизить суммарные затраты на ликвидацию ртутного загрязнения территорий в 2-3 раза, либо выйти на режим самоокупаемости.

Литература:

1. Оценка поступлений ртути в окружающую среду с территории Российской Федерации. Подготовлено для Совета стран Арктики: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, Датское агентство по охране окружающей среды, 2005 г.
2. С.М. Мельников. Металлургия ртути. Металлургия, Москва, 1971 г.
3. Янин Е.П. Опыт ремедиации загрязненной ртутью территории (город Марктредвиц, Германия) // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2009, № 9, с. 70-95.
4. Руководство по определению загрязненных ртутью участков, обращению с ними и очистке. IPEN, 2015
5. Донских Д.К. Отчет о проведении укрупнено-лабораторных испытаний технологии промывки зартученных грунтов и шламов, ООО «Мерком», г. Лыткарино, МО, 2013.
6. Донских К.Д., Скитский В.Л., Донских Д.К. «Ртутьсодержащие отходы - доступный источник сырья для производства ртути» ООО «Мерком», Московская обл., г. Лыткарино.
7. Донских Д.К., Донских К.Д., Скитский В.Л. Патент РФ №2667967 «Способ очистки грунтов и шламов от загрязнений металлической ртутью», ООО «Мерком», 2018 г.

Научный руководитель  
ООО «Мерком»



Д.К.Донских