

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2021.2.154-162>

УДК 614.776

Термические методы удаления нефти и нефтепродуктов из почвы

¹Поспелова И.Г., ²Возмищев И.В., ¹Кузьмин В.Н.

¹Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

²Ижевский технический университет им. М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Thermal methods for removing oil and oil products from soil

¹I.G. Pospelova, ²I.V. Vozmishchev, ¹V.N. Kuzmin

¹Udmurt state University, Izhevsk, Russia

²Izhevsk Technical University M.T. Kalashnikov, Izhevsk, Russia

E-mail: pospelovaig@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрено несколько известных термических методов удаления нефти и нефтепродуктов из почвы. Представлено подробное описание работы устройств и схема их конструкций. Достоинством предлагаемой установки является самодостаточный замкнутый процесс, в ходе которого, в первую очередь удаляется легкая фракция загрязнений, а затем происходит окончательное выжигание нефтепродуктов, при этом конденсаты, образующиеся во время первого этапа, используются в качестве топлива для многотопливной горелки, а выделяемое установкой тепло, используется для работы генератора абсорбционной холодильной установки, охлаждающей пары нефти после СВЧ нагрева, что существенно повышает энергоэффективность установки.

Ключевые слова: термический способ, нефть и нефтепродукты, нефтегазодобыча, окружающая среда, углеводородное сырье, природные ресурсы, очистка грунта, экология, энергоэффективность, СВЧ нагрев.

Для цитирования: Поспелова И.Г., Возмищев И.В., Кузьмин В.Н. Термические методы удаления нефти и нефтепродуктов из почвы//Нефтяная провинция.-2021.-№2(26).-С.154-162. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2021.2.154-162>

Abstract: The article discusses several well-known thermal methods for removing oil and oil products from the soil. A detailed description of the operation of the device and a design diagram are presented. The undoubted advantage of the proposed installation is a self-sufficient closed process, during which, first of all, the light fraction of contaminants is removed, and then

the final combustion of oil products occurs, while the condensates formed during the first stage are used as fuel for the multi-fuel burner, and the heat released by the installation, is used to operate the generator of an absorption refrigeration unit, which cools oil vapor after microwave heating, which significantly increases the energy efficiency of the unit.

Key words: *thermal method, oil and oil products, oil and gas production, environment, hydrocarbon raw materials, natural resources, soil cleaning, ecology, energy efficiency, microwave heating.*

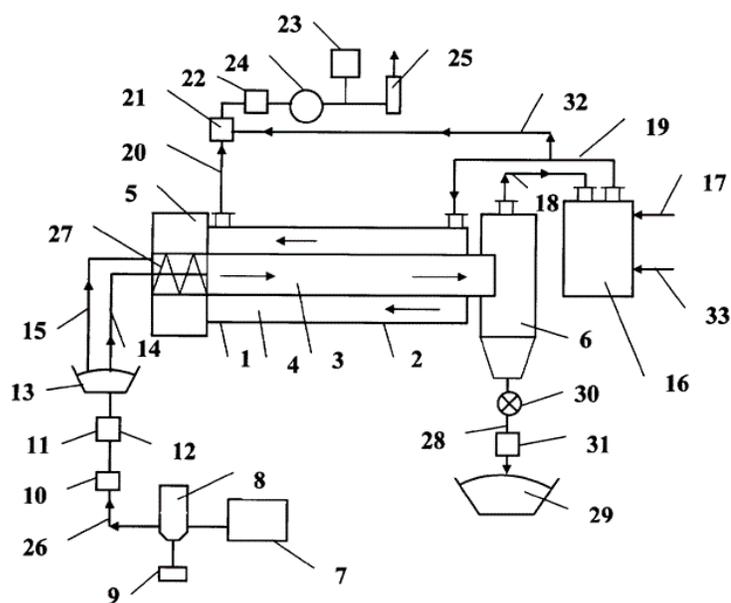
For citation: I.G. Pospelova, I.V. Vozmishchev, V.N. Kuzmin Termicheskie metody udalenija nefti i nefteproduktov iz pochvy [Thermal methods for removing oil and oil products from soil]. Neftyanaya Provintsija, No. 2(26), 2021. pp. 154-162. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2021.2.154-162> (in Russian)

Добыча и транспортировка углеводородного сырья является одним из главных факторов загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. Экологическая ситуация сложившаяся в настоящий момент в нефтегазодобывающих районах требует регулирования техногенного воздействия на окружающую среду, учитывающего не только экономические потребности, но и состояние природных ресурсов. Решение проблем сохранения слабоустойчивой к антропогенному воздействию окружающей среды возможно только на основе внедрения в практику эффективного хозяйственного механизма рационального природопользования. В настоящее время ликвидация последствий нефтеразливов производится с применением специальных средств: нефтесборочное оборудование, сорбирующие материалы, биопрепараты и др. [1].

Рассмотрим несколько известных способов и установок для термической утилизации нефти и нефтепродуктов из почвы.

Одной из них является установка [2] для термического обезвреживания промышленных нефтесодержащих и твердых бытовых отходов (Рис. 1). В предложенной конструкции благодаря вращающейся печи термообработки, достигается высокая производительность обработки отходов, так как обработка осуществляется при движении отходов по реторте.

Перемешивание материала и удаление продукта утилизации осуществляется за счет вращения и наклона печи. Использование движущегося слоя в процессе взаимодействия системы «газ – движущееся вещество» уменьшает возможность образования застойных зон, движение частиц создает условия для взаимодействия газа с большей поверхностью твердой фазы, чем при неподвижном слое. Во вращающейся печи термообработки происходит пиролиз при температуре 500...550°C, при этом выделяющиеся при пиролизе горючие газы, в том числе, содержащие циклические, хлорорганические соединения, полимеры, полностью сжигаются в печи дожигания при температуре 1100...1200°C, а дымовые газы используются для обогрева реторты. Возможность образования диоксинов практически исключена вследствие того, что температура этого процесса выше 1000°C.



1 – печь; 2 – барабан; 3 – реторта; 4 – зазор; 5 – камера загрузки; 6 – камера выгрузки; 7 и 29 – накопитель; 8 – сепаратор; 9 – патрубок слива; 10 – дробильная машина; 11 – грохот; 12 – вибросито; 13 и 29 – емкость; 14 и 15 – конвейеры; 16 – топка дожигания; 17 и 18 – газоходы; 19 и 20 – газопровод; 21 – теплообменник; 22 – пылеуловитель; 23 – газоанализатор; 24 – дымосос; 25 - дымовая труба; 26 и 28 – конвейер; 27 – шнековый питатель; 30 – шибер

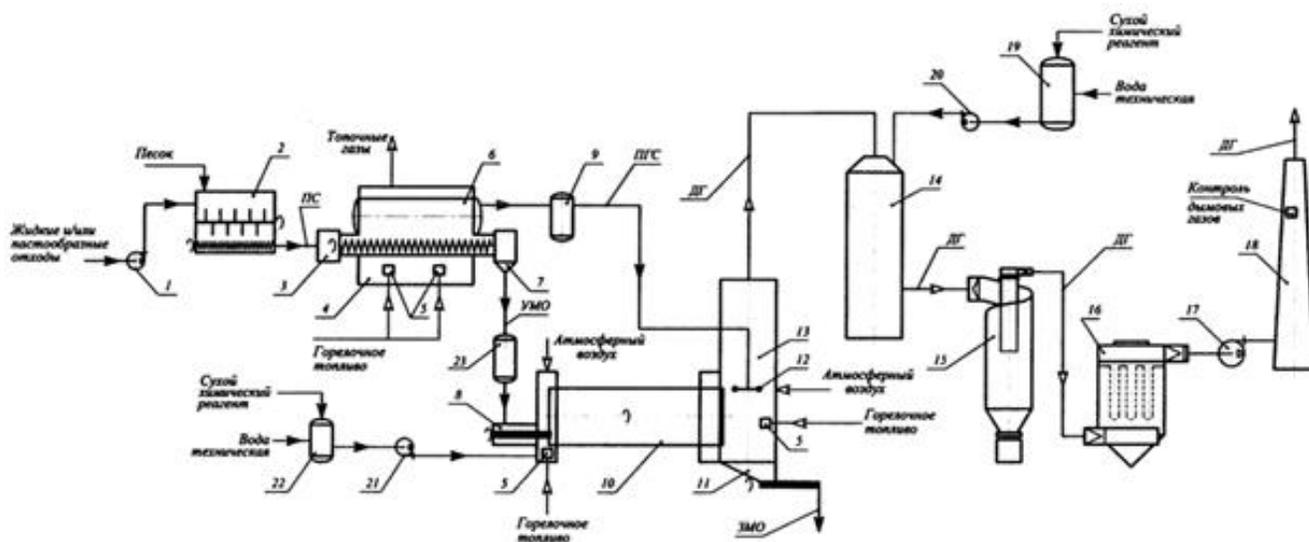
Рис. 1. Технологическая схема установки для термического обезвреживания промышленных нефтесодержащих и твердых бытовых отходов

Высокая производительность установки обеспечивается и тем, что узел подачи отходов на переработку дополнительно снабжен дробильной машиной, виброситом и/или грохотами, причем обработанные и подготовленные к обезвреживанию отходы подаются в камеру загрузки по меньшей мере одним конвейером. Это объясняется тем, что высокое качество подготовленного сырья обеспечивает высокую скорость его обезвреживания, а наличие таких конвейеров (особенно двух) - высокую скорость подачи в камеру загрузки и исключает простои установки в случае поломки одного из указанных конвейеров. Наличие топки дожигания обеспечивает экономичность установки за счет сжигания продуктов пиролиза (пиролизных газов), образующихся при термообработке отходов, и которые по газоходу из камеры выгрузки поступают в указанную топку. Благодаря этому в течение всего технологического процесса обеспечивается автономная работа установки только за счет образующихся продуктов пиролиза (без привлечения дополнительного топлива), что делает ее работу крайне экономичной.

Следующая установка [3] для термического обезвреживания промышленных нефтесодержащих и твердых бытовых отходов (Рис. 2).

Технологический процесс термической утилизации организован в две ступени (стадии), где на первой ступени подготовленные жидкие и/или пастообразные подготовленные (смешанные с песком в соотношении 1:0,8) отходы проходят термическую деструкцию в реакторе с разложением сложных высокомолекулярных трудногорючих органических компонентов без атмосферного кислорода до образования низкомолекулярных легкогорючих веществ и углерод-минерального остатка, а на второй ступени в камерах проходит эффективное окисление (сжигание) продуктов термической деструкции с избытком атмосферного воздуха и получением негорючего нетоксичного зольно-минерального остатка и дымовых газов,

поступающих в высокоэффективную систему химической и механической очистки. Топочное устройство конвективного нагрева реактора термолитиза позволяет полностью использовать теплоту дымовых газов, в том числе и лучистую составляющую теплообмена, что существенно повышает энергетическую эффективность процесса. В предлагаемой установке практически отсутствуют сложные футерованные газоходы для транспортировки горячих дымовых газов, за исключением короткого участка между камерой дожигания и скруббером.



1 – насосный агрегат; 2 – смеситель; 10 – камера сжигания твердых продуктов; 3 – узел загрузки отходов; 4 – топочное устройство; 5 – горелочное устройство; 6 – реактор; 7 – узел выгрузки; 8 – загрузочное устройство; 9 – гидрозатвор; 10 – камера сжигания; 11 – приемная часть камеры; 12 – газораспределительный коллектор; 13 – камера дожигания; 14 – форсуночный скруббер; 15 – циклон-пылеуловитель; 16 – рукавный фильтр; 17 – вентилятор; 18 – дымовая труба; 19 и 22 – станция; 20 и 21 – насос; 23 – золоприемник

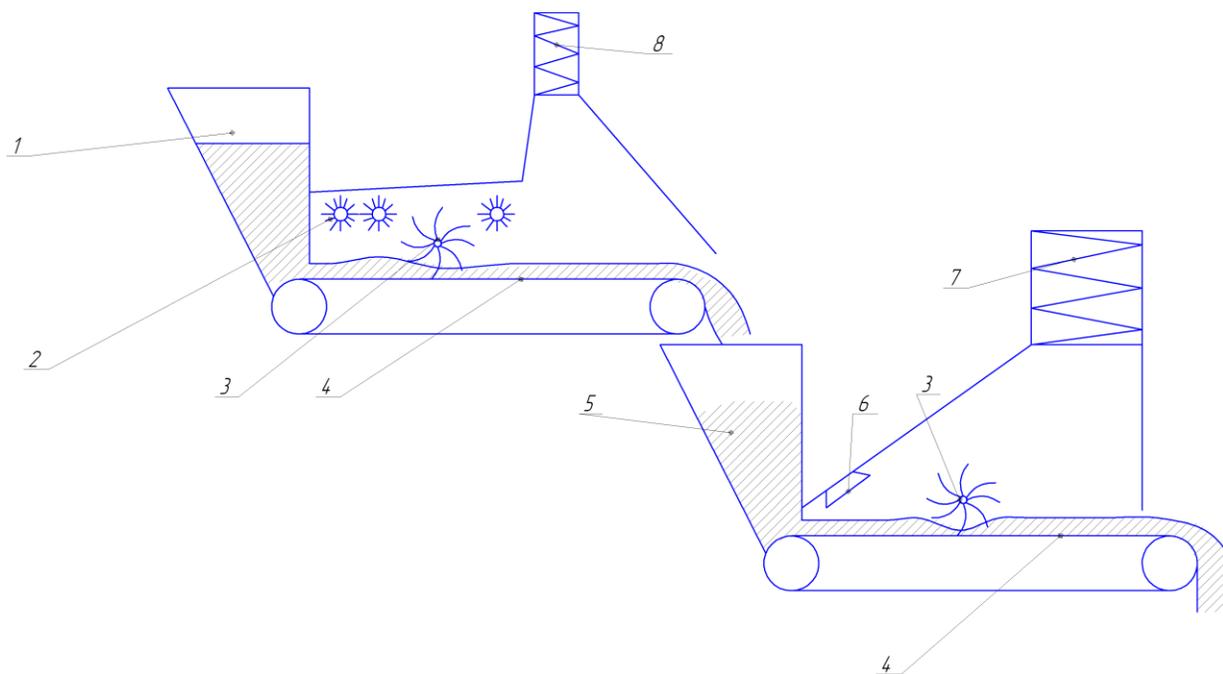
Рис. 2 Установка для термической переработки отходов

Представленные выше способы и устройства для их реализации имеют существенный недостаток – сложность в конструктивном исполнении по причине их громоздкости.

Новый способ и устройство (Рис. 3) предусматривает термическое удаление удаления нефти и нефтепродуктов из загрязненных ими почвы в два

этапа: на первом удаляется легкая фракция загрязнений, а на втором окончательное выжигание нефтепродуктов, при этом конденсаты с первого этапа используются в качестве топлива для нужд данной установки, тем самым повышая ее энергоэффективность.

Способ и устройство для его реализации заключается в следующем. Слой земли, загрязненной нефтью и нефтепродуктами снимается и загружается в первый бункер 1, из него транспортером 4 земля перемещается и одновременно разогревается до температуры 200°С СВЧ-излучателями 2. Количество СВЧ-излучателей зависит от производительности и мощности установки [4, 5]. Легкие фракции нефти испаряются и конденсируются в охладителе 8. Собранная нефть в охладителе в дальнейшем используется в качестве топлива для поддержания работы следующей части установки, в которой выжигаются оставшиеся нефтепродукты.



1 и 5 – бункеры; 2 – СВЧ-излучатели; 3 – два барабанных разрыхлителя; 4 – транспортер; 6 – многотопливную горелку; 7 – генератор абсорбционной холодильной установки; 8 - охладитель

Рис. 3. Схема установки для термической деструкции нефтяных компонентов из грунтов

Земля с остатками нефтепродуктов попадает во второй бункер 5, где происходит выжигание остатков нефтяных загрязнений при температуре выше 1000 °С многотопливной горелкой 6. Для более качественного удаления нефтяных загрязнений из почвы в первой и второй части устройства размещены барабанные разрыхлители 3, которые перемешивают землю, тем самым увеличивают площадь испарения и облегчают удаление нефтепродуктов. Выделяемое тепло в процессе выжигания используется для работы генератора 7 абсорбционной холодильной установки (в схеме полностью не показана) для охлаждения паров нефти после СВЧ нагрева. Далее очищенная земля остывает, смешивается с торфяной смесью и возвращается на место.

СВЧ нагрев в первой части устройства позволяет обеспечить объёмный прогрев загрязненной земли и удалить легко воспламеняющиеся фракции нефтяных загрязнений, которые могут привести к взрыву.

В данном устройстве для конденсации паров нефти и нефтепродуктов используется охладитель 8, работу которого поддерживает абсорбционная холодильная установка (в схеме полностью не показана). Для функционирования генератора 7 абсорбционной холодильной установки используется тепло от выжигания остатков нефтяных загрязнений многотопливной горелкой.

Таким образом, можно констатировать, что безусловным достоинством предлагаемой установки является самодостаточный замкнутый процесс, в ходе которого, в первую очередь удаляется легкая фракция загрязнений, а затем происходит окончательное выжигание нефтепродуктов, при этом конденсаты, образующиеся во время первого этапа, используются в качестве топлива для многотопливной горелки, а выделяемое установкой тепло, используется для работы генератора абсорбционной холодильной установки, охлаждающей пары нефти после СВЧ нагрева. Внешне подводимая

электроэнергия необходима для работы СВЧ-излучателей, приводов конвейеров и рыхлителей. Предлагаемая схема установки для термической деструкции нефтяных компонентов из грунтов работает на 80% за счет использования тепла от выжигания остатков нефтяных загрязнений, тем самым повышая энергоэффективность, энергонезависимость и мобильность установки.

Список литературы

1. Рекультивация нефтезагрязненных почв Кузнецов Ф.М. [и др.] // Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2000. 105 с.
2. Технологическая схема установки для термического обезвреживания промышленных нефтесодержащих и твердых бытовых отходов: пат. 75711 Рос. Федерация. № 2008113351/22 / Вяткин А.В., Ермолаев В.В., Калинин В.Л., Токарь А.В.; заявл. 07.04.2008; опубл. 20.08.2008, Бюл. № 23.
3. Установка для термической переработки отходов: пат. 2666559 Рос. Федерация. № 2017137641 / Чернин С.Я.; заявл. 27.10.2017; опубл. 11.09.2018, Бюл. № 26.
4. Теплообмен в сублимационных сушильных установках непрерывного действия с СВЧ- и УЗИ-источниками при непрерывном потоке газа Касаткин В.В. [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2011. № 7. С. 75-77.
5. Биогазовая установка с равномерным распределением СВЧ энергии: пат. 147889 Рос. Федерация. № 2014114583/10 / Решетникова И.В., Батанов С.Д., Пospelова И.Г., Прокопьев А.В., Возмищев И.В.; заявл. 11.04.2014; опубл. 20.11.2014 Бюл. № 32.

References

1. Kuznetsov F.M. et al. *Rekultivatsiya neftezagryaznennykh pochv* [Reclamation of oil-polluted soils]. Perm: Perm State Technology University Publ. 2000. 105 p. (in Russian)
2. Vyatkin A.V., Ermolaev V.V., Kalin V.L., Tokar A.V. *Tekhnologicheskaya skhema ustanovki dlya termicheskogo obezvrezhivaniya promyshlennykh neftesoderzhashchikh i tverdykh bytovykh otkhodov* [Flow diagram of unit for thermal destruction of oil-containing and solid household wastes]. RF Patent No. 75711. No. 2008113351/22. Date of appl.: April 7, 2008, Date of publ.: Aug 20, 2008, Bull. No. 23.
3. Chernin S.Ya. *Ustanovka dlya termicheskoi pererabotki otkhodov* [Unit for thermal destruction of wastes]. RF Patent No. 2666559. No. 2017137641. Date of appl.: Oct 27, 2017, Date of publ.: Sept 11, 2018, Bull. No. 26.
4. Kasatkin V.V. et al. *Teplomassoobmen v sublimacionnykh sushilnykh ustanovkakh nepreryvnogo deistviya s SVCh- i UZI-istochnikami pri nepreryvnom potoke gaza* [Heat-and-mass transfer in sublimational continuously-operated driers with ultra-high-frequency- and ultra-sound sources with continuous gas flow]. *Khranenie i Pererabotka Selkhozsyriya*, No. 7, 2011. pp. 75-77. (in Russian)
5. Reshetnikova I.V., Batanov S.D., Pospelova I.G., Prokopyev A.V., Vozmishchev I.V. *Bio-gazovaya ustanovka s ravnomernym raspredeleniem SVCh energii* [Bio-gas unit with uniform distribution of UHF energy]. RF Patent No.147889. No. 2014114583/10. Date of appl.: April 11, 2014, Date of publ.: Nov 20, 2014. Bull. No. 32.

Сведения об авторах:

Поспелова Ирина Геннадиевна, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
Россия, 426034, Ижевск, ул. Университетская, д. 1, корп. 7
Email: pospelovaig@mail.ru

Возмищев Иван Владимирович, ФГБОУ ВО «Ижевский технический университет им. М.Т. Калашникова»
Россия, 426069, Ижевск, ул. Студенческая, д. 7, корп. 1
Email: vozm-ivan@yandex.ru

Кузьмин Вячеслав Николаевич, кандидат ветеринарных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
Россия, 426034, Ижевск, ул. Университетская, д. 1, корп. 7
Email: yakvn72@yandex.ru

Authors

I.G. Pospelova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Udmurt State University»
1, bldg. 7, Universitetskaya st., Izhevsk, 426034, Russian Federation
Email: pospelovaig@mail.ru

I.V. Vozmishchev, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Izhevsk Technical University M.T. Kalashnikov»
7, bldg. 1, Student st., Izhevsk, 426069, Russian Federation
Email: vozm-ivan@yandex.ru

V.N. Kuzmin, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Udmurt State University»
1, bldg. 7, Universitetskaya st., Izhevsk, 426034, Russian Federation
Email: yakvn72@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 23.02.2021

Принята к публикации 17.06.2021

Опубликована 30.06.2021