

DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-4-461-466

EDN: HXDOBR

УДК 665

Краткий обзор / Short message

Кислые гудроны: экологическая проблема или вторичное сырье?

А.П. Хаустов[✉], М.М. Редина[✉]

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация
✉khaustov_ap@pfur.ru

Аннотация. Проанализированы важнейшие направления переработки кислых гудронов — специфического вида отходов непостоянного состава, главным источником которого являются процессы переработки и хранения нефти. Среди комплекса веществ, входящих в состав кислых гудронов, — весьма агрессивные компоненты высоких классов опасности, что создает риски вторичных загрязнений природных сред при переполнении накопителя или утрате им целостности. Несмотря на более чем 100-летнюю историю разработок, до настоящего времени не предложено достаточно эффективных технологий их переработки. Для России проблема весьма актуальна: несколько накопителей этого вида отходов включены в реестр объектов накопленного экологического вреда и подлежат скорейшей экологической реабилитации. В качестве решения проблемы предложено применить подход, соответствующий принципам зеленой экономики: нейтрализации кислых гудронов с применением отходов других отраслей, например пищевой промышленности или сельского хозяйства. Результат нейтрализации — снижение степени опасности отходов для окружающей среды, «взаимная нейтрализация» отходов различного происхождения и перспектива получения материала, пригодного для хозяйственного использования. Дополнительно к собственно технологическому решению по нейтрализации отходов предлагается систематизация сведений о существующих технологиях по данному направлению — создание информационно-справочной системы, которая позволит упорядочить сведения о разработках и будет способствовать выбору оптимальных решений для каждого накопителя с учетом индивидуальных особенностей хранимых отходов и доступности технологических решений с позиций наилучших доступных технологий (экономическая, экологическая, технологическая доступность и эффективность).

Ключевые слова: кислые гудроны, нейтрализация, технология, отходы, зеленая экономика

Благодарности и финансирование. Материал подготовлен при финансировании за счет средств темы НИР 202700-0-000.

Вклад авторов. *Хаустов А.П.* — концептуализация, методология, проведение исследования. *Редина М.М.* — проведение исследования, администрирование данных. Все авторы ознакомлены с окончательной версией статьи и одобрили ее.

История статьи: поступила в редакцию 01.08.2025; доработана после рецензирования 12.08.2025; принята к публикации 02.09.2025.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: *Хаустов А.П., Редина М.М.* Кислые гудроны: экологическая проблема или вторичное сырье? // Вестник Российской университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 4. С. 461–466. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-4-461-466>

Acid tars: environmental problem or secondary resources?

Aleksandr P. Khaustov[✉], Margarita M. Redina[✉]

RUDN University, Moscow, Russian Federation
✉ khaustov_ap@pfur.ru

Abstract. The study analyzes the most important areas of processing acid tars, a specific type of non-permanent composition waste, the main source of which are the processes of oil refining and storage. Among the complex of substances included in the composition of acid tars are very aggressive components of high hazard classes, which creates risks of secondary pollution of natural environments when the storage tank is overflowing or loses its integrity. Despite more than 100 years of development history, sufficiently effective technologies for their processing have not been proposed to date. For Russia, the problem is very relevant: several storage facilities for this type of waste are included in the register of objects of accumulated environmental damage and are subject to prompt environmental rehabilitation. As a solution to the problem, it is proposed to apply an approach consistent with the principles of green economy: neutralization of acid tars using waste from other industries, such as the food industry or agriculture. The result of neutralization is a decrease in the degree of hazard of waste for the environment, “mutual neutralization” of waste of various origins and the prospect of obtaining material suitable for economic use. In addition to the actual technological solution for waste neutralization, it is proposed to systematize information on existing technologies in this area — to create an information and reference system. Which will allow organizing information on developments and will facilitate the selection of optimal solutions for each storage facility, taking into account the individual characteristics of the stored waste and the availability of technological solutions from the standpoint of the best available technologies (economic, environmental, technological availability and efficiency).

Keywords: acid tars, neutralization, technology, waste, green economy

Acknowledgements and Funding. The material was prepared with funding from the research project 202700-0-000.

Authors' contribution. *A.P. Khaustov* — conceptualization, methodology, investigation. *M.M. Redina* — investigation, data curation. All authors have read and approved the final version of the manuscript.

Article history: received 01.08.2025; revised 12.08.2025; accepted 02.09.2025.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Khaustov AP, Redina MM. Acid tars: environmental problem or secondary resources? *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(4):461–466. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-4-461-466>

Введение

Кислые гудроны — один из довольно распространенных видов отходов хранения и переработки нефтепродуктов. В их химическом составе — обширный комплекс химических соединений, включая вещества высоких классов опасности. Именно комплексность этих отходов становится наиболее сложным препятствием для их переработки.

По оценкам исследователей, на сегодня предприятиями России и СНГ накоплено более полутора миллионов тон кислых гудронов. Наибольшее количество этих отходов идентифицировано в Нижегородской и Ярославской областях, Башкортостане и ряде других регионов, где активно ведется работа с углеводородным сырьем. Часть объектов накопителей кислых гудронов, которые эксплуатируются многие десятилетия, отнесена к объектам накопленного вреда окружающей среды: в государственный реестр (ГРОНВОС) включены четыре таких объекта, хотя в реальности их значительно больше.

Экологическая опасность накопления кислых гудронов связана с потенциальной возможностью их попадания в компоненты окружающей среды: на почвы за счет перелива за пределы накопителя, в грунты за счет недостаточной изоляции дна накопителя от грунтов; в подземные воды; также возможно испарение хранимых веществ.

Состав кислых гудронов в накопителях нестабилен (может меняться при изменении погодных условий: хранение — открытое) и весьма неоднороден. В составе хранимого материала можно выделить слои с большими концентрациями тех или иных компонентов. Так, постепенно обосабливаются смолистые вещества, продукты полимеризации ненасыщенных углеводородов, ароматические соединения, серосодержащие кислоты (в том числе серная кислота — до 70 %). Детальный анализ химического состава кислых гудронов позволяет оценить их как отходы II класса опасности, что требует организации обращения с ними с повышенными мерами осторожности.

В связи с тем что проблемы кислых гудронов известны на протяжении многих лет, на сегодня предложен обширный набор подходов к их утилизации, однако каждый накопитель по-своему уникален (сформировался за счет отходов различных по составу исходных нефтепродуктов; существовал в специфических локальных условиях), что в итоге требует выбора специализированных технологий индивидуально в каждом случае.

Материалы и методы

В качестве материалов для обзора послужили данные статистических обзоров о состоянии окружающей среды в регионах нефтедобычи в России и в мире, а также патентные базы данных с информацией о разработках в целях утилизации кислых гудронов.

Отметим, что старейшие разработки в этой области появились многие десятилетия назад. Так, один из первых отечественных патентов [5] датируется 1925 г. Разработка предполагает получение из кислых гудронов асфальтов за счет обработки их горячим воздухом.

В целом среди предложений по утилизации кислых гудронов предлагаются такие направления, как:

- регенерация кислот;
- получение битумов;
- получение поверхностно-активных веществ;
- нейтрализация кислых гудронов за счет внесения щелочных агентов и, таким образом, стабилизация смеси.

Разработано несколько десятков технологических установок, часть которых показывает хорошую эффективности [1–3]. Однако подчеркнем, универсальных технологий, пригодных для переработки любых кислых гудронов, не существует в силу большого разнообразия их состава.

Результаты

Обзор существующих методов утилизации отходов кислых гудронов и детальный анализ данных об их составе позволяет предложить для устраниния этой проблемы метод, основанный на стабилизации кислых гудронов за счет их смешивания с отходами других видов деятельности с высокой щелочностью, — растительные отходы, отходы агропромышленного комплекса (например, отходы сахарного производства).

В целом методы нейтрализации и стабилизации кислых гудронов довольно активно применяются в зарубежной практике. В частности, в [8] рассмотрена возможность применения для стабилизации портландцемента и высокоуглеродистой золы уноса. Получаемый в итоге продукт обработки кислых гудронов предлагается применять как контролируемые материалы низкой прочности для выравнивания и засыпки свалок. В ряде других работ отмечена достаточно высокая эффективность стабилизации состава обрабатываемых таким образом отходов, вплоть до значительно снижения выщелачивания из отвердевших отходов опасных химических соединений (например, полиаренов) [6; 7; 9].

Как уже подчеркивалось, каждый накопитель кислых гудронов по-своему уникален: сформировался за счет специфических отходов, существует в специфических локальных условиях (метеорологических, климатических, инже-

нерно-геологических). В связи с этим весьма остро встает проблема подбора оптимальных технологий переработки таких отходов. А требования принципов зеленой экономики предполагают, что результатом таких работ должно стать либо производство новых материалов (пригодных для хозяйственного использования), либо возможность устраниния нескольких видов отходов при их смешении. Оба эти условия возможно удовлетворить, как показывает рассмотренная выше практика. Однако для оптимизации работ существенную пользу может принести создание специализированных информационных (экспертных) систем, которые включали бы каталоги объектов негативного воздействия на окружающую среду и реестры оптимальных (наиболее эффективных) технологий утилизации кислых гудронов.

Выводы

Анализ проблемы накопления кислых гудронов показывает, что сложность ее решения обусловлена комплексным, неоднородным и непостоянным составом этого вида отходов.

Индивидуальность каждого из объектов накопления требует применения индивидуальных решений для утилизации этих отходов либо их нейтрализации во избежание загрязнений компонентов окружающей среды (прежде всего почв, грунтов, подземных и поверхностных вод).

При значительном многообразии предложенных технологических решений и методов утилизации кислых гудронов часть технологий могут оказаться недостаточно эффективными именно в связи с недоучетом специфики отходов. Тем не менее при адекватном выборе технологий возможно получение ценных продуктов (включая ПАВ, регенерированные кислоты, битумы). В таком случае кислые гудроны целесообразно рассматривать как потенциально вторичные минеральные ресурсы, хотя и довольно проблемные в силу содержания токсичных компонентов.

Технологии нейтрализации предполагают меньшее количество экологических ограничений и соответствуют принципам зеленой экономики, позволяя устранивать проблемы накопления отходов сразу в нескольких отраслях, применяя отходы для нейтрализации кислых гудронов.

Список литературы

- [1] Васина М. В., Уманский Д. Ю. Утилизация кислого гудрона на нефтеперерабатывающих предприятиях // Актуальные вопросы энергетики. 2019. Т. 1. № 1. С. 139–143. EDN: OFVIQT
- [2] Патент № 2588124 С2, Российская Федерация, МПК C10G 17/10, C10G 19/08. Установка для переработки кислых гудронов : заявл. 07.10.2014 ; опубл. 27.06.2016 / Кочеткова И.В., Львов М.В., Мещеряков С.В., Сидоренко Д.О., Гуреев А.А. ; заявитель : Общество с ограниченной ответственностью Производственный научно-технический центр «ЭОН» (ООО ПНТЦ «ЭОН»). № 2014140401/04A

- [3] *Маркина Д. К.* Производство серной кислоты переработкой кислых гудронов // XI Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Россия молодая», 16-19 апреля 2019 г. С. 70509.1-70509.5.
- [4] *Редина М.М., Хаустов А.П.* Экологическая оценка стабилизации кислых гудронов // Прорывные технологии в области предупреждения, локализации и ликвидации нефтеразливов и их экологических последствий : сб. материалов научн.-практ. конф. Москва : Издательский дом «Научная библиотека», 2025. С. 62–67.
- [5] Патент № SU12577A1. Способ ускорения процесса получения асфальта продувкой нефтяных гудронов воздухом / Шапиро Г.Л. Дата подачи заявки : 17.06.1925 ; опубликовано : 31.01.1930.
- [6] *Conner J.R., Hoeffner S.L.* A Critical review of stabilization/solidification technology, critical // Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 1998. Vol. 28. No. 4. P. 397–462. <http://doi.org/10.1080/10643389891254250>
- [7] *Karamalidis A.K., Voudrias E.A.* Cement-based stabilization/solidification of oil refinery sludge: leaching behavior of alkanes and PAHs // Journal of Hazardous Materials. 2007. Vol. 148, iss. 1–2. P. 122–135. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.02.032> EDN: KJWLPR
- [8] *Leonard S.A., Stegemann J.A.* Stabilization/solidification of petroleum drill cuttings: leaching studies // Journal of Hazardous Materials. 2010. Vol. 174. P. 484–491.
- [9] *Mulder E, Brouwer JP, Blaakmeer J, Frenay JW.* Immobilisation of PAH in waste materials // Waste Management. 2000. Vol. 21. Iss. 3. P. 247–253. [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(00\)00097-0](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(00)00097-0)

Сведения об авторах:

Хаустов Александр Петрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, ведущий специалист Института экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. ORCID: 0000-0002-5338-3960; eLIBRARY SPIN-код: 7358-5798. E-mail: khaustov_ap@pfur.ru

Редина Маргарита Михайловна, доктор экономических наук, доцент, профессор департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. ORCID: 0000-0002-3169-0142; eLIBRARY SPIN-код: 2496-8157. E-mail: redina_mm@pfur.ru