

УДК 502.504; 628.386

**УТИЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ
КАК ФАКТОР ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ***О.П. Филиппова¹, С.З. Калаева¹, Э.С. Цховребов², Е.С. Сергеев¹**¹Ярославский государственный технический университет (г. Ярославль)**²ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) (г. Москва)*© Филиппова О.П., Калаева С.З.,
Цховребов Э.С., Сергеев Е.С., 2023

Аннотация. В статье представлены результаты исследований состава и свойств распространенных отходов Ярославской области – гальванических шламов и отходов «зеленого масла». На основании полученных данных представлены технологии утилизации данных отходов, разработанные на базе Ярославского государственного технического университета. Отмечено, что внедрение предлагаемых технологий послужит немаловажным фактором снижения уровня экологической опасности, предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера в регионе.

Ключевые слова: гальванические шламы, «зеленое масло», коррозия, нефтепродукты, утилизация, отходы, экологическая безопасность.

DOI: 10.46573/2658-7459-2023-3-90-98**ВВЕДЕНИЕ**

Проблемы загрязнения окружающей среды с каждым годом становятся все актуальнее, причем их характер обретает глобальный масштаб. Таким образом, главными задачами исследователей-экологов по-прежнему остаются внедрение малоотходных экологически безопасных технологий и разработка процессов утилизации промышленных отходов в целях снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду. Данные технологии вкпе с эффективно организованной системой обращения опасных производственных отходов, основанной на достижении ресурсосберегающего технологического уклада экономики, станут базой обеспечения экологической безопасности на территориях регионов Российской Федерации [1–5].

Для каждого региона Российской Федерации характерно преобладание определенных видов отходов. В настоящей статье объектом исследования служат токсичные крупнотоннажные отходы, содержащие углеводородное сырье и характерные для Ярославской области, а кроме того, предлагаются способы их утилизации, разработанные учеными и специалистами ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет» (ЯГТУ) при взаимодействии с научными сотрудниками ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами для проведения исследования стали опубликованные труды авторов, собственные результаты исследований в сфере проблем обработки и утилизации промышленных отходов [6–10], ресурсосбережения, экологической безопасности территорий [11–15].

В основу исследования положен системный анализ представленных в литературе концепций, методов обработки и утилизации отходов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На территории Ярославской области расположено более тысячи предприятий, являющихся источником образования производственных отходов, содержащих углеводородное сырье. Такое сырье может быть повторно использовано для выпуска различной продукции и при ведении строительных и иных видов работ.

Решению указанных актуальных вопросов может способствовать предложенная учеными и специалистами ЯГТУ технология утилизации гальваношламов. Были собраны статистические данные о составе и свойствах отходов гальваношламов по предприятиям региона (рис. 1) [6, 7].

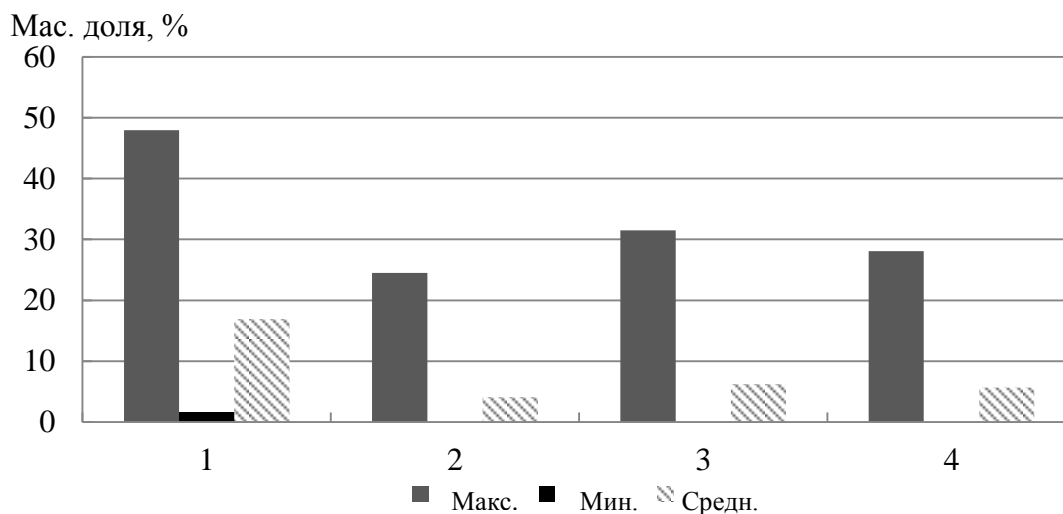


Рис. 1. Содержание в гальваношламах региона элементов:
1 – железа; 2 – хрома; 3 – цинка; 4 – кальция

С учетом содержания в отходах значительного количества железосодержащих компонентов предложено разработать технологию получения антикоррозионного пигмента и магнитных материалов (магнетита и магнитной жидкости).

Согласно требованиям ТУ 82.3.011-99 «Антикоррозионный пигмент», содержание Fe_2O_3 в пигменте должно быть от 35 до 70 % (в пересчете на Fe^{3+} – от 24,50 до 49 %). Таким образом, на основе результатов инструментального анализа подобного рода отходов было принято решение о возможности их применения по данному назначению [8, 9].

Исходя из многолетних исследований, авторы предлагают технологию утилизации гальваношламов, показанную на рис. 2.

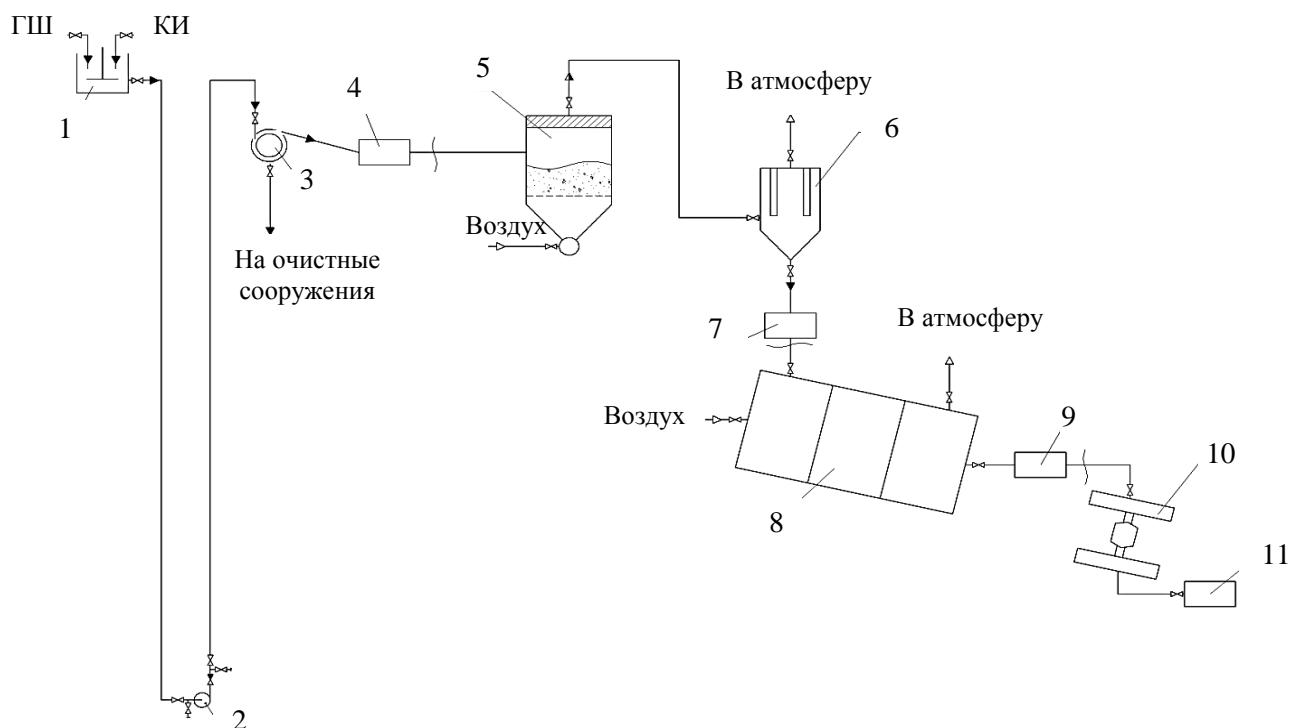


Рис. 2. Схема процесса утилизации гальванического шлама для получения антикоррозионного пигмента

Гальванический шлам после очистки сточных вод с влажностью 97 % в соотношении $\text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{CaO} = 1 : 1$ смешивается с кальцийсодержащим компонентом-ингибитором в смесителе 1 (см. рис. 2), откуда с помощью насоса 2 подается в барабанный вакуумный фильтр 3, где за счет вакуума вода продавливается через лавсановую ткань, а на поверхности остается осадок влажностью 60 %, который собирается в емкость 4. Эту емкость перемещают в сушилку с кипящим слоем инертного носителя 5, снабженную фарфоровыми шариками с $d = 6-8$ мм. Подаваемый сверху осадок налипает на шарики, которые поднимаются снизу горячим воздухом (300 °С), а как только суспензия на шариках просыхает, происходит соударение, в результате чего осадок измельчается и в виде пыли, влажность которой составляет 15 %, удаляется из сушилки прямо в рукавный фильтр 6. В рукавном фильтре 6 пыль отделяется от воздуха и с влажностью 10 % собирается в емкость 7. После этого емкость 7 с пылью помещают в трехзонную прокалочную печь 8. В первой зоне печи идет нагрев пыли до 900 °С, во второй зоне пыль выдерживается 60 мин в условиях температуры 900 °С, в третьей зоне пыль охлаждается до 40 °С и собирается в емкости 9. Из емкости 9 сухую пыль переносят на вибрационное сито 10, где она просевается через сетку (с размером отверстий 50 мкм), после чего готовый продукт (антикоррозионный пигмент) собирают в емкость 11 и используют для получения антикоррозионных покрытий.

Тем не менее применение магнитной жидкости (МЖ) ограничено их весьма высокой стоимостью (от 50 тыс. руб/л), так как магнитно-мягкая фаза МЖ (магнетит) изготавливается из химически чистых материалов. Поэтому синтез магнетита из существующих в больших количествах промышленных отходов, содержащих Fe^{2+} и Fe^{3+} ,

не только снизит техносферное влияние на природу, но и значительно удешевит (не менее чем на порядок) стоимость магнитной жидкости, расширяя, таким образом, сферу ее применения [10, 11].

Для получения составов с Fe^{2+} и Fe^{3+} использованы травильные растворы, гальваношламы. Схема получения магнетита приведена на рис. 3.

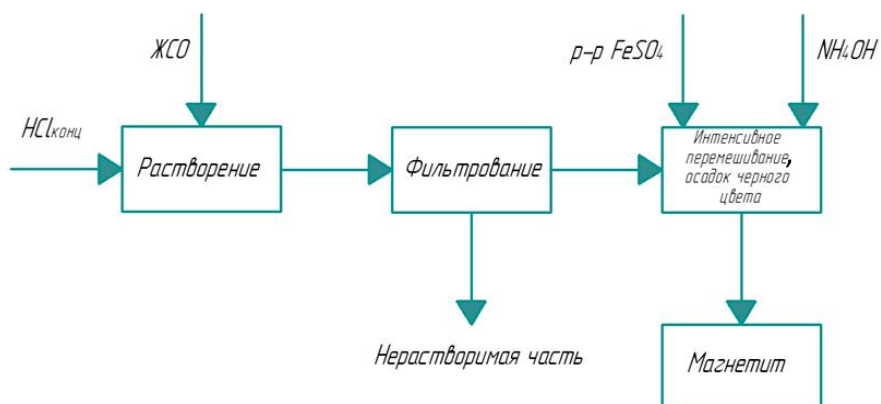


Рис. 3. Схема процесса утилизации гальваношлама для получения магнетита

Раствор магнетита подогревается до 95° , затем вводятся стабилизатор и жидкость-носитель для получения магнитной жидкости. Магнитные жидкости могут применяться в различных экологических технологиях: для удаления нефтепродуктов с поверхности воды, снижения негативного влияния виброактивности оборудования, разделения отходов по плотности, а также в дефектоскопии (передовой метод минимизации образования отходов при проведении испытаний).

Сотрудниками, аспирантами и студентами ЯГТУ уже несколько лет ведется мониторинг состояния дренажной системы путем замера уровня «зеленого масла» два раза в неделю. Последние данные можно представить в виде графика (рис. 4).

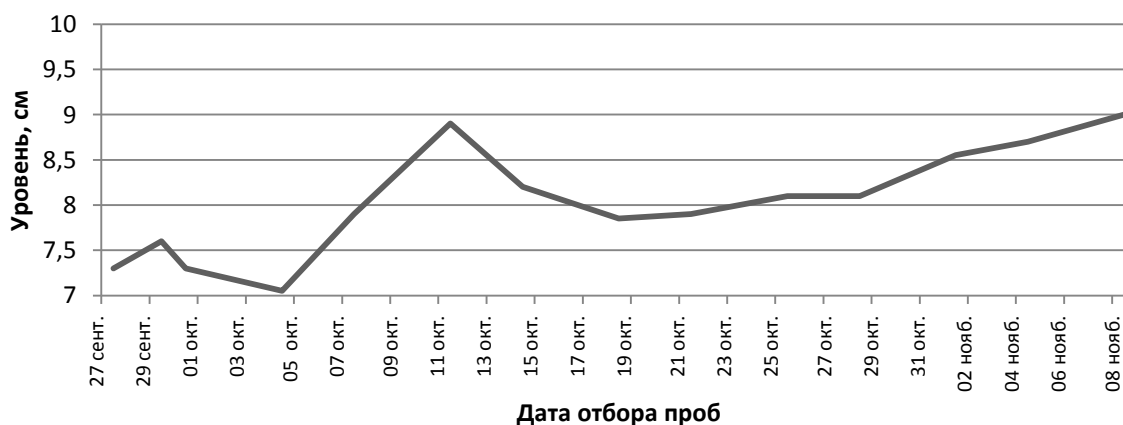


Рис. 4. Мониторинг дренажной системы

Как показали исследования, в течение нескольких месяцев уровень «зеленого масла» в системе практически не уменьшается. Основные показатели отхода «зеленого масла» в сравнении с «чистым» продуктом приведены в таблице.

Основные показатели «зеленого масла» и отхода «зеленого масла»

Показатели	«Зеленое масло»	Отход «зеленого масла»
Плотность при 20 °С, г/см ³	0,983 ± 0,04	0,960 ± 0,02
Пределы кипения, °С	155–365	100–345
Коксуемость, %	0,44 ± 0,39	1,69 ± 0,5
Фракционный состав, °С: начальная концентрация медианная концентрация конечная концентрация	155 ± 45 260 ± 20 370 ± 10	100 ± 50 261 ± 4 345 ± 4,5
Содержание, %: вода зола механические примеси неорганическая часть	Следы 0,004 ± 0,001 0,003 ± 0,005 1,0 ± 0,2	5,5 ± 5,0 0,0037 ± 0,001 0,0023 ± 0,005 1,8 ± 0,2

По результатам проведенных исследований предлагается усовершенствованная технологическая схема переработки отхода «зеленого масла» (рис. 5).

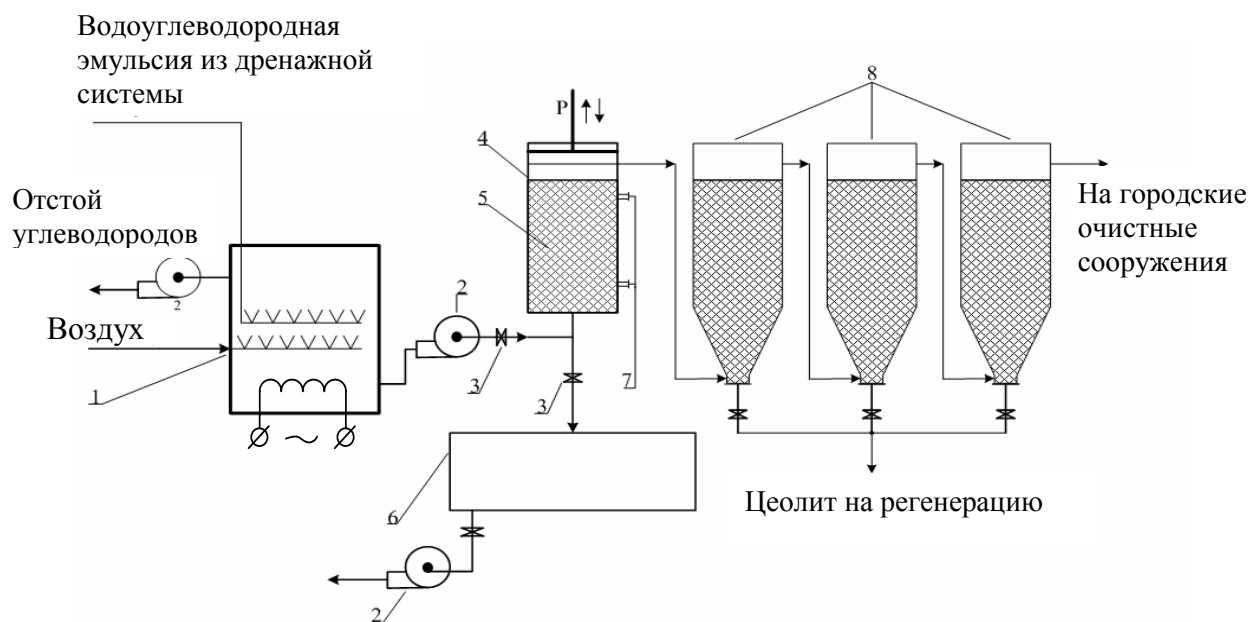


Рис. 5. Схема процесса очистки водоуглеводородной эмульсии:

- 1 – сборник-отстойник водоуглеводородной эмульсии; 2 – насосы;
- 3 – запорные устройства; 4 – фильтр с полиуретановой крошкой;
- 5 – полиуретановая загрузка; 6 – емкость для сбора углеводородов;
- 7 – люки для загрузки и выгрузки полиуретановой крошки; 8 – фильтры-адсорберы

Данная технология переработки предусматривает две стадии очистки водоуглеводородной эмульсии, позволяя при этом добиться стандартизованного качества получаемого углеводородного вторичного сырья. Высокий уровень заинтересованности хозяйствующих субъектов в получаемом вторичном сырье характеризует высокий уровень экономической эффективности технологии.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Несмотря на увеличивающуюся антропогенную нагрузку, наблюдается тенденция к экологизации и повышению качества окружающей среды. Проводятся исследования по разработке и внедрению малоотходных технологий и утилизации накопившихся отходов. Причем темпы их увеличиваются в связи с ростом числа заинтересованных в решении экологических проблем слоев российского общества, а также повышается их технический уровень.

Проведенные на базе ЯГТУ исследования позволяют сделать вывод, что предложенные в данной статье технологии переработки отходов помогут решить вопрос утилизации токсичных крупнотоннажных отходов Ярославской области. Таким образом, можно будет начать их внедрение в производственных масштабах. Это станет важным фактором предупреждения возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций и их опасных экологических последствий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цховребов Э.С. Эколого-экономические аспекты планирования размещения и проектирования промышленных объектов по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов // *Вестник МГСУ*. 2018. Т. 13. № 11 (122). С. 1326–1340.
2. Tskhovrebov E., Velichko E., Niyazgulov U. Planning measures for environmentally safe handling with extremely and highly hazardous wastes in industrial, building and transport complex // *Materials Science Forum*. 2019. Vol. 945. P. 988–994.
3. Цховребов Э.С. Формирование региональных стратегий управления обращением с вторичными ресурсами // *Вестник МГСУ*. 2019. Т. 14. № 4 (127). С. 453.
4. Velichko E., Tskhovrebov E., Shevchenko A. Environmental safety providing during heat insulation works and using thermal insulation materials // *MATEC Web of Conferences*. 2017. P. 03009.
5. Организационно-экономические и правовые аспекты создания и развития производственно-технических комплексов по переработке золошлаковых отходов в строительную и иную продукцию / И.С. Кожуховский, Е.Г. Величко, Ю.К. Целыковский, Э.С. Цховребов // *Вестник МГСУ*. 2019. Т. 14. № 6 (129). С. 756–773.
6. Утилизация гальваношламов сложного состава / Т.А. Трифонова, Н.В. Селиванова, О.Г. Селиванов, Л.А. Ширкин, В.А. Михайлов // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2012. Т. 14. № 5 (3). С. 850–852.
7. Сергеев Е.С., Филиппова О.П. Проблема хранения гальванических шламов и пути ее решения // *Производственные системы будущего: опыт внедрения Lean и экологических решений: Материалы международной научно-практической конференции*. Кемерово: КузГТУ. 2022. С. 526.
8. Соколов Э.М., Макаров В.М., Володин Н.И. Комплексная утилизация гальваношламов машиностроительных предприятий. Тула: ТулГУ. 2006. 264 с.
9. Технология переработки отходов / Э.М. Соколов, Ю.А. Москвичев, Е.А. Фролова, О.П. Филиппова, Н.И. Володин, В.М. Макаров. Ярославль: ЯГТУ. 2006. 387 с.
10. О технологии получения магнетита для магнитных жидкостей с использованием гальваношлама / В.М. Макаров, С.З. Калаева, А.М. Шипилин, И.Н. Захарова, А.А. Чеснокова, А.В. Андриянова // *Материалы 17-й Международной Плесской научной конференции по нанодисперсным магнитным жидкостям*. Иваново: ИГЭУ им. В.И. Ленина. 2016. С. 165–170.

11. Obtaining synthetic magnetite and ferromagnetic fluid from industrial waste topurify water from petroleum products / S.Z. Kalaeva, V.M. Makarov, N.L. Markelova, R.E. Kalaev // *The first Eurasian conference «Innovations in minimization of natural and technological risks», RISK-2019, 22–24 may 2019, Baku, Azerbaijan. 2019. P. 30.*
12. Капустина Е.С., Макаров В.М, Капустин С.М. Определение группового химического состава отходов зеленого масла, прошедших почвенную фильтрацию, и их промышленная утилизация // *Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология.* 2011. Т. 54. № 12. С. 114–116.
13. Гекова О.А., Михайлова И.А., Филиппова О.П. Снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду путем очистки водно-масляной эмульсии от отходов «зеленого» масла // *Научно-технические и инженерные разработки – основа решения современных экологических проблем: Сборник материалов Юбилейной семидесятой всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием.* Ярославль: ЯГТУ. 2017. С. 557–560.
14. Комина Е.Н., Макаров В.М. Исследование проблемы загрязнения отходом зеленого масла окружающей среды // *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета: Материалы 13-ой межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии».* Воронеж: Воронежский ГАСУ. 2010. С. 32–37.
15. Петровых А.В., Березина Е.Н., Тимрот С.Д. Определение класса опасности «зеленого масла» экспериментальным методом // *Семьдесят шестая Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием.* 19–20 апреля 2022 г. Ярославль: ЯГТУ. 2023. С. 363–367.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФИЛИППОВА Ольга Павловна – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», 150023, Россия, г. Ярославль, Московский проспект, д. 88. E-mail: filippovaor@ystu.ru

КАЛАЕВА Сахиба Зияддиновна – доктор технических наук, заведующая кафедрой «Охрана труда и природы», ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», 150023, Россия, г. Ярославль, Московский проспект, д. 88. E-mail: kalaevasz@ystu.ru

ЦХОВРЕБОВ Эдуард Станиславович – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 121352, Россия, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7. E-mail: rebrovstanislav@rambler.ru

СЕРГЕЕВ Егор Сергеевич – аспирант, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», 150023, Россия, г. Ярославль, Московский проспект, д. 88.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Филиппова О.П., Калаева С.З., Цховребов Э.С., Сергеев Е.С. Утилизация промышленных отходов как фактор предупреждения возникновения экологической опасности // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии».* 2023. № 3 (19). С. 90–98.

**UTILIZATION OF INDUSTRIAL WASTE
AS A FACTOR IN PREVENTING THE OCCURRENCE
OF ENVIRONMENTAL HAZARDS**

O.P. Filippova¹, S.Z. Kalaeva¹, E.S. Tskhovrebov², E.S. Sergeev¹

¹*Yaroslavl State Technical University (Yaroslavl)*

²*VNII GOCh (FC) (Moscow)*

Abstract. This article presents the results of studies of the composition and properties of common waste of the Yaroslavl region – galvanic sludge and waste «green oil». Based on the data obtained, the technologies for the disposal of these wastes developed on the basis of the Yaroslavl State Technical University are presented. It was noted that the introduction of the proposed technologies will be an important factor in reducing the level of environmental hazards and preventing man-made emergencies in the region.

Keywords: galvanic sludge, «green oil», corrosion, petroleum products, recycling, waste, environmental safety.

REFERENCES

1. Tshovrebov E.S. Ecological and economic aspects of planning the placement and design of industrial facilities for processing, utilization, and neutralization of waste. *Vestnik MGSU*. 2018. Vol. 13. No. 11 (122), pp. 1326–1340. (In Russian).
2. Tskhovrebov E., Velichko E., Niyazgulov U. Planning measures for environmentally safe handling with extremely and highly hazardous wastes in industrial, building and transport complex. *Materials Science Forum*. 2019. Vol. 945, pp. 988–994.
3. Tshovrebov E.S. Formation of regional strategies for managing the management of secondary resources. *Vestnik MGSU*. 2019. Vol. 14. No. 4 (127), pp. 453. (In Russian).
4. Velichko E., Tskhovrebov E., Shevchenko A. Environmental safety providing during heat insulation works and using thermal insulation materials. *MATEC Web of Conferences*. 2017, pp. 03009.
5. Organizational, economic and legal aspects of the creation and development of industrial and technical complexes for the processing of ash and slag waste into construction and other products / I.S. Kozhukhovskiy, E.G. Velichko, Yu.K. Tselykovskiy, E.S. Tshovrebov. *Vestnik MGSU*. 2019. Vol. 14. No. 6 (129), pp. 756–773. (In Russian).
6. Utilization of electroplating sludge of complex composition / T.A. Trifonova, N.V. Selivanova, O.G. Selivanov, L.A. Shirkin, V.A. Mikhailov. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. 2012. Vol. 14. No. 5 (3), pp. 850–852. (In Russian).
7. Sergeev E.S., Filippova O.P. The problem of storage of galvanic sludge and ways to solve it. *Production systems of the future: experience in implementing Lean and environmental solutions: Materials of the international scientific and practical conference*. Kemerovo: KuzSTU. 2022, pp. 526. (In Russian).
8. Sokolov E.M., Makarov V.M., Volodin N.I. Complex utilization of electroplating sludge of machine-building enterprises. Tula: TSU. 2006. 264 p.
9. Waste processing technology / E.M. Sokolov, Yu.A. Moskvichev, E.A. Frolova, O.P. Filippova, N.I. Volodin, V.M. Makarov. Yaroslavl: YSTU. 2006. 387 p.
10. On the technology of obtaining magnetite for magnetic liquids using electroplating / V.M. Makarov, S.Z. Kalaeva, A.M. Shipilin, I.N. Zakharova, A.A. Chesnokova,

A.V. Andrianova. *Materials of the 17th International Pless Scientific Conference on nanodisperse magnetic liquids (September 6-9, 2016, Pless)*. Ivanovo: Publ. house of the IGEU named after V.I. Lenin. 2016, pp. 165–170. (In Russian).

11. Acquiring synthetic magnetite and ferromagnetic fluid from industrial waste topurify water from petroleum products / S.Z. Kalaeva, V.M. Makarov, N.L. Markelova, R.E. Kalaev. *The first Eurasian conference «Innovations in minimization of natural and technological risks»*. Baku, Azerbaijan. 2019, pp. 30.

12. Kapustina E.S., Makarov V.M., Kapustin S.M. Determination of the group chemical composition of green oil waste that has undergone soil filtration and their industrial disposal. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya: Himiya i himicheskaya tekhnologiya*. 2011. Vol. 54, No. 12, pp. 114–116. (In Russian).

13. Gekova O.A. Mikhailova I.A. Filippova O.P. Reduction of anthropogenic load on the environment by cleaning water-oil emulsion from waste «green» oil. *Scientific, technical and engineering developments – the basis for solving modern environmental problems: Collection of materials of the seventieth Anniversary all-Russian scientific and technical conference of students, undergraduates and postgraduates with international participation*. Yaroslavl, April 19, 2017. Part 1. Yaroslavl: YSTU. 2017, pp. 557–560. (In Russian).

14. Komina E.N., Makarov V.M. Investigation of the problem of pollution by waste of green oil of the environment. *Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta: Materials of the interregional scientific and practical conference «High technologies in ecology»*. Voronezh: VSU. 2010, pp. 32–37. (In Russian).

15. Petrov A.V., Berezina E.N., Timrot S.D. Determination of the hazard class of «green oil» by an experimental method. *Seventy-sixth All-Russian Scientific and Technical Conference of students, undergraduates and postgraduates with international participation*. 19–20 April 2022. Yaroslavl: YSTU. 2023, pp. 363–367. (In Russian).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

FILIPPOVA Olyga Pavlovna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Yaroslavl State Technical University, 88, Moscow avenue, Yaroslavl, 150023, Russia. E-mail: filippovaop@ystu.ru

KALAEVA Sahiba Ziyaddinovna – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Labor and Nature Protection, Yaroslavl State Technical University, 88, Moscow avenue, Yaroslavl, 150023, Russia. E-mail: kalaevasz@ystu.ru

TSKHOVREBOV Edward Stanislavovich – Candidate of Economics Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the VNII GOCh (FC), 7, Davydkovskaya street, Moscow, 121352, Russia. E-mail: rebrovstanislav@rambler.ru

SERGEEV Evgeniy Sergeevich – Postgraduate Student, Yaroslavl State Technical University, 88, Moscow avenue, Yaroslavl, 150023, Russia.

CITATION FOR AN ARTICLE

Filippova O.P., Kalaeva S.Z., Tskhovrebov E.S., Sergeev E.S. Utilization of industrial waste as a factor in preventing the occurrence of environmental hazards // *Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology»*. 2023. No. 3 (19), pp. 90–98.