

## УДК 502/504

Е.С. СЕРГЕЕВ, аспирант гр. НА-1 (ЯГТУ)

Научный руководитель О.П. ФИЛИППОВА, д.т.н., профессор (ЯГТУ)  
г. Ярославль

### ПРОБЛЕМА ХРАНЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ШЛАМОВ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

**Аннотация.** Тяжелые металлы, поступающие в окружающую среду, представляют серьезную опасность как для людей, так и для экосистем. Данная статья посвящена рассмотрению источника их эмиссии (гальванического шлама) и возможным путем ее снижения. На основании анализа химического состава отходов, образующихся на предприятиях Верхне-Волжского региона, предлагается способ сокращения поступления тяжелых металлов в биосферу.

**Ключевые слова:** гальваническое производство, гальваношлам, полигон, коррозия, антикоррозионная защита

В настоящее время прослеживается явная тенденция антропогенного загрязнения окружающей среды. Каждая отрасль жизнедеятельности человека наносит непоправимый вред природе, причем характер воздействия приобретает глобальный масштаб. Вследствие этого одной из приоритетных задач является разработка и внедрение экологически безопасных малоотходных технологий, а также процессов утилизации промышленных отходов, снижающих антропогенную нагрузку на биосферу.

В связи с бурным развитием, а также возникновением новых отраслей промышленности, широкое распространение получило гальваническое производство, имеющее весьма сложную и разветвленную структуру. Его целью является предохранение деталей и изделий от коррозии, а также придание их поверхности необходимых свойств и внешнего вида путем нанесения гальванических покрытий.

Большинство технологических операций по нанесению таких покрытий сопровождается промывкой деталей и изделий, во многом определяющей их качество. Основным загрязнителем природы, поступающим от гальванического производства, являются тяжелые металлы. Именно промывка является одним из двух главных источников их поступления в окружающую среду. Второй источник связан с ликвидацией или частичной регенерацией отработанных технологических (травильных) растворов. [1]

Промывка деталей и изделий осуществляется в горячей и холодной воде, куда переходит некоторое количество солей рабочих растворов. Эта вода обезвреживается на станциях нейтрализации, в основном — реагентными и электрокоагуляционными методами. В процессе обезвреживания наблюдается повышение значения pH, в результате чего вредные примеси переходят в нерастворимое состояние и удаляются в виде осадка — гальваношлама.

Гальваношламы представляют собой суспензию или пасту гидроксидов различных тяжелых металлов (никеля, хрома, цинка, меди, железа и других),

которые оказывают вредное воздействие на организм человека и окружающую среду. Эти отходы являются мощными стимуляторами и возбудителями раковых и сердечнососудистых заболеваний, а также имеют тенденцию к накапливанию в пищевых цепочках, охватывая тем самым всю биосферу. Гальванические шламы — крупнотоннажные промышленные отходы II-III класса опасности, объем образования которых в России составляет 80 млн м<sup>3</sup>/год [2].

На сегодняшний день утилизация гальванишламов не превышает 3% от общего объема их образования, а их общая масса направляется на полигоны захоронения. Для захоронения гальванишламов необходимы специальные полигоны (см. рис. 1), исключающие вынос ионов тяжелых металлов в окружающую среду [3]. Однако в большинстве регионов России такие полигоны отсутствуют.



Рисунок 1. План территории полигона захоронения неутилизируемых промышленных отходов

Как можно видеть, территория отчуждения на рис. 1 составляет 3,3 га. Компоненты гальванишламов обнаруживаются на глубине залегания грунтовых вод (7-8 м), а также по горизонтали — на расстоянии до 500 м. При повышении кислотности грунтов или дождевых вод выщелачиваемость ионов тяжелых металлов возрастает, что приводит к загрязнению почвы и природных вод.

Поскольку в России не хватает указанных полигонов, предприятия складируют отходы на собственной территории или несанкционированных свалках. В результате возникают источники вторичного загрязнения окружающей среды.

В случае попадания этих отходов на несанкционированные свалки, кислые почвы или выпадения кислотных дождей гидроксиды превращаются в растворимые соединения, которые попадают в поверхностные или подземные водоемы и загрязняют почву. Кроме непосредственного попадания в организм чело-

века с водой, которая не очищается от тяжелых металлов в процессе водоподготовки, отравление проходит через пищевые цепочки.

С другой стороны, при высыхании гальванишлам перходит из состояния суспензии в твердое сыпучее состояние. Тогда, согласно СанПин 2.1.7.1322-03, длительное размещение гальванишламов в открытом виде не допускается. Пылевидные частицы разносятся ветром, попадая на природные объекты или в организм человека.

Следует отметить, что захоронение гальванишламов даже в случае соблюдения всех правил нерационально. Дело в том, что составные части гальванических шламов обладают ценными физико-химическими свойствами, которые можно и нужно эффективно использовать. По своей сути гальванишламы можно считать аналогами полиметаллических руд, а объемы их производства позволяют рассматривать их как сырьевую базу различных отраслей промышленности. Вследствие этого поиск доступных, экологически безопасных, экономически оправданных и проверенных в производственных условиях способов утилизации гальванишламов является актуальной задачей.

Несмотря на предлагаемые способы вторичного использования гальванишламов (см. рисунок 2), остается актуальной и задача исследования их физико-химических свойств.

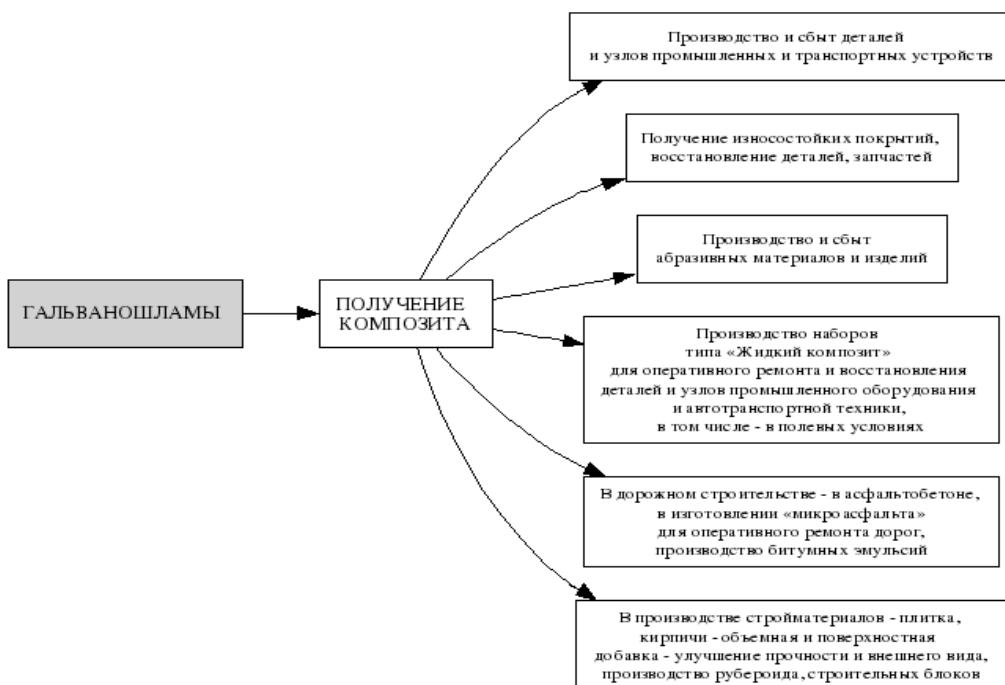
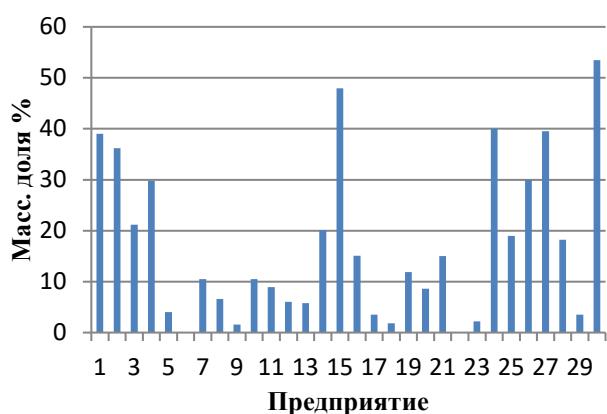
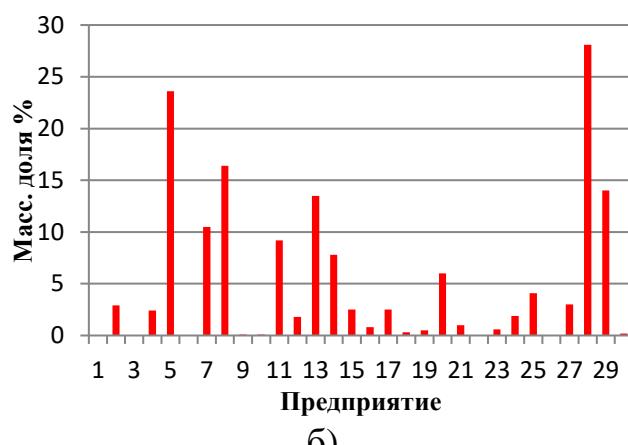


Рисунок 2. Схема конечной продукции от переработки гальванических шламов  
[4]

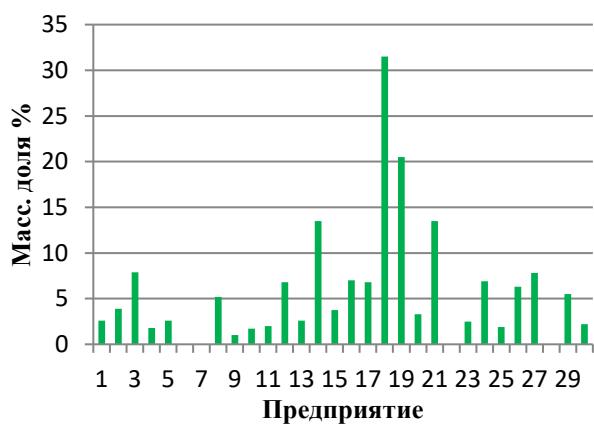
Данное исследование проведено на гальванических шламах, образующихся на предприятиях Верхне-Волжского региона. Основные физико-химические свойства данных отходов [5] представлены на рисунке 3.



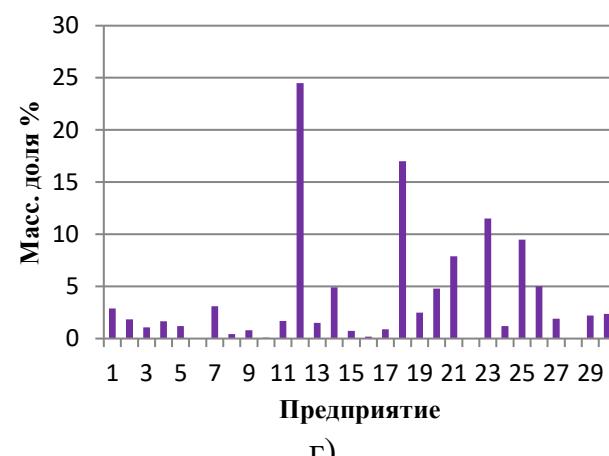
а)



б)



в)



г)

1 – ЯСЗ; 2 – Вымпел (Рыбинск); 3 – ЯЭМЗ; 4 – ЯЭРЗ; 5 – Пегас (Кострома);  
 6 – Мотор-деталь (Кострома); 7 – РОМЗ; 8 – ЯЗТА «А»; 9 – ЯЗТА «Е»;  
 10 – Прогресс; 11 – Текстильмаш (Кострома); 12 – Нерехта; 13 – ЯМЗ;  
 14 – ТМЗ; 15 – Электромеханический завод; 16 – Агат (Гаврилов Ям);  
 17 – Красная маёвка (Кострома); 18 – ИМАН; 19 – Волжский  
 машиностроительный завод; 20 – Автокран (Галич); 21 – Чайка (Углич);  
 22 – Автокран (Иваново); 23 – ЯЗХМ; 24 – Маяк (Нерехта);  
 25 – Инструментальный завод; 26 – Красный Маяк; 27 – ЭКСКО; 28 – ЯЗДА.

а) содержание оксида железа; б) содержание оксида кальция; в) содержание оксида цинка; г) содержание оксида хрома;

Рисунок 3. Содержание различных элементов в гальванических шламах

Статистическая обработка полученных данных позволила ввести классификацию гальвANOшламов в зависимости от содержания в них оксидов различных металлов (рисунок 4).

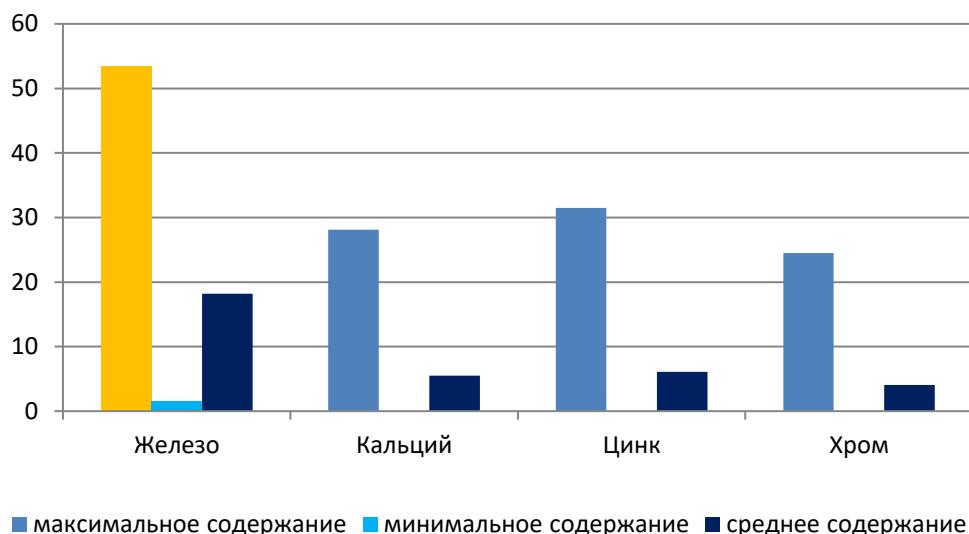


Рисунок 4. Содержание элементов в гальваношламах Верхне-Волжского региона

Таким образом, исходя из предложенной классификации, преобладающим элементом в отходах гальванических производств Верхне-Волжского региона является оксид железа. Остальные элементы присутствуют в меньших количествах. Согласно требованиям ТУ 82.3.011-99 «Ферритовый порошок», содержание  $Fe_2O_3$  в пигменте должно быть от 35 до 70% (в пересчете на  $Fe^{3+}$  – от 24,50 до 49%) [6]. Следовательно, исследованные гальваношламы могут быть использованы для получения антикоррозионных покрытий, действующим компонентом которых являются ферритные антикоррозионные пигменты.

#### Список литературы:

1. Соколов. Э. М. Комплексная утилизация гальваношламов машиностроительных предприятий / Э. М. Соколов, В. М. Макаров, Н. И. Володин. – Тула.: ТулГУ, 2006. – 264 с.
2. Очистка сточных вод гальванических производств <http://vladbmt.com/content/category/22/67/189>.
3. Макаров, В. М. Получение магнитных жидкостей из промышленных отходов: монография / В. М. Макаров, С. З. Калаева. – Ярославль, Издат. дом ЯГТУ, 2016. – 176 с.
4. Юрова, Н. А. Анализ химического состава гальваношламов предприятий Ярославского региона / Н. А. Юрова, О. П. Филиппова // Семидесятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 19 апреля 2017 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 3 ч. Ч. 1, Промышленная экология [Электронный ресурс]. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2019. – С. 479-482. – 1 электрон.опт. диск (CD-ROM).
5. Сергеев, Е. С. Статистическая обработка химического состава гальваношламов предприятий ЦФО России / Е. С. Сергеев, О. П. Филиппова // Семьдесят

третья всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 20 апреля 2020 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 2 ч. Ч.1, Промышленная экология. [Электронный ресурс]. – Ярославль : Издательство ЯГТУ, 2020. – С. 289-292.

6. ТУ 82.3.011-99 Ферритовый порошок. – Ярославль, ООО «Ферос», 150014, г. Ярославль, ул. Б. Октябрьская, д. 102, оф. 91.