

УДК 628.33

**Захватов Г.И.** – доктор технических наук, профессор

E-mail: avtel@kgasu.ru

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

**Опыт очистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ в энергетике****Аннотация**

В статье изложены результаты исследования очистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ применительно к предприятиям электроэнергетики. Описывается метод электронейтрализации как эффективный метод очистки сточных вод без использования химреагентов и других расходных материалов. Механизм действия метода объяснен на основе теории Дерягина-Ландау-Фервея и Овербека. Согласно этой теории устойчивость эмульсий типа «масло-вода» объясняется наличием поверхностного заряда частиц. Это заряд образуется, за счет специфической адсорбции анионов воды возникновение отрицательного заряда, приводит к взаимному отталкиванию частиц, препятствующему их флокуляции, что и обеспечивает устойчивость эмульсии. Метод электронейтрализации, в отличие от многих других методов, связан с непосредственным разрушением поверхностного заряда частиц в переменном электрическом поле. Данный механизм подтвержден экспериментально с помощью исследовательского комплекса «Parmoquant-2».

Приводятся сравнительные данные, показывающие преимущества метода электронейтрализации относительно других методов. Показаны примеры использования метода на различных объектах.

**Ключевые слова:** очистка сточных вод, энергетика, нефтепродукты и взвешенные вещества, электрические методы очистки.

Спецификой очистки сточных вод на предприятиях энергетики является относительно невысокое содержание нефтепродуктов в стоках, которые обычно укладывается в диапазон 2-5 мг/л. При этом, основные компоненты загрязнения, как правило, техническое масло и мазута. Поскольку сточные воды сбрасываются в природные водоемы, из которых предприятия часто потребляют воду на технические нужды, требования к очистке очень высокие. Обычно очистка от нефтепродуктов сочетается с очисткой от взвешенных веществ, удаление которых значительно проще, чем очистки от эмульгированных органических веществ.

Методов очистки сточных вод от нефтепродуктов довольно много [1-4] и всех их можно разделить как по принципу действия, так и по эффективности. Но есть еще один важный признак, который не всегда учитывается – технологичность. В этот признак входят такие параметры, как экономичность, простота обслуживания, надежность и безопасность. В этом отношении наименее пригодными являются химические методы, как неэкономичные (связанные с расходом реагентов), сложные в эксплуатации (полная автоматизация, как правило, невозможна или дорогостояща) и при этом образуются дополнительные побочные отходы.

Существуют многочисленные методы очистки, не связанные с использованием химических реагентов. Для сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ чаще используются методы фильтрации и адсорбции, в частности, фильтрование через угольные фильтры позволяет достигнуть высокого уровня очистки, поэтому этот метод широко используется на предприятиях энергетического комплекса. Однако этот метод имеет существенные недостатки: требует использования громоздких очистных сооружений и специального обслуживающего персонала. Но главный недостаток – быстрое снижение эффективности очистки по мере загрязнения фильтра. Это, в свою очередь, требует частой регенерации и, в конечном итоге, замены фильтрующего

материала. Как следует из этого, метод нельзя отнести к безграничным и, к тому же, он связан с получением объемных побочных отходов.

Из электрических методов определенное распространение получили электрокоагуляция и электрофлотация. Электрокоагуляция малопродуктивна для очистки больших объемов сточных вод, так как требует значительных затрат, связанных с использованием растворимых электродов. При этом образуется большое количество дополнительных побочных отходов в виде студенистого сильнообводненного осадка. Метод электрокоагуляции имеет и другие существенные недостатки, поэтому используется, в основном, для регенерации и нейтрализации растворов.

Электрофлотация несколько проще в технологическом плане. Ее можно отнести к безреагентным методам очистки, если дополнительно не используются флотореагенты. За счет образования высокодисперсных пузырьков водорода при электролизе, электрофлотация имеет преимущества перед обычной газовой флотацией, так как обеспечивает более высокий уровень очистки. Тем не менее, этот уровень не обеспечивает снижения содержания нефтепродуктов до нормативного уровня и используется, как правило, в сочетании с другими методами. Следует также отметить, что использование метода электрофлотации не приводит к очистке стоков от взвешенных веществ.

Оба метода – электрокоагуляции и электрофлотации нельзя рекомендовать для использования на предприятиях энергетики, так как при использовании идет интенсивное газообразование, что предопределяет их пожаро и взрывоопасность, недопустимые для ТЭЦ или ГРЭС, не говоря уже об АЭС.

Рассматриваемый здесь метод электронейтрализации [5, 6] относится к безреагентным электрическим методам очистки. Метод по механизму действия принципиально отличается от других. Сущность метода заключается в следующем. Нефтепродукты, как и многие другие органические вещества, образуют в воде эмульсии типа «масло-вода». Устойчивость таких эмульсий зависит от многих факторов. Она возрастает с увеличением дисперсности, наличием различных стабилизирующих факторов, в частности, от наличия ПАВов, щелочности и ряда других факторов. Обычные методы очистки связаны с механической или химической адсорбцией, либо разделением через пористые мембраны. В случае если частицы эмульсии достигнут критического размера – несколько десятков или сотни мкм, происходит постоянная флотация частиц в верхние слои и тем самым эмульсия теряет устойчивость и происходит ее разделение.

В принципе, процесс укрупнения частиц – флокуляция, должен идти непрерывно за счет термодинамического взаимодействия частиц. Однако практика показывает, что это разделение происходит чрезвычайно медленно, а в большинстве случаев полное разделение эмульсии не происходит вообще. Согласно теории Дерягина-Ландау-Фервея и Овербека устойчивость большинства эмульсий объясняется наличием у частиц поверхностного заряда, обусловленного специфической хемосорбцией ионов. Это хемосорбция определяет отрицательный заряд частиц за счет более высокой энергии хемосорбции анионов (хлор-ионов, сульфат-ионов и других). Это легко можно проследить, если на эмульсию воздействовать постоянным током: под микроскопом видно, что все частицы устремляются к положительному полюсу – аноду. Наличие одноименного заряда у частиц приводит к их взаимному отталкиванию. Возникает так называемое расклинивающее давление, препятствующее флокуляции частиц. С энергетической точки зрения величина заряда определяется дзета-потенциалом частиц и обычно он лежит в диапазоне от нескольких десятков до нескольких сотен милливольт.

Метод электронейтрализации, в отличие от других методов, связан с непосредственным разрушением поверхностного заряда частиц. Процесс осуществляется в переменном электрическом поле при использовании нерастворимых электродов. Эксперименты показали, что разрушение заряда происходит, как в межэлектродном пространстве, так и у поверхности электродов. Разрушение поверхностного заряда частиц должно приводить к снижению их дзета-потенциала. Это было подтверждено в экспериментах с использованием компьютерного комплекса «Раптоquant-2» [7].

С помощью этой установки определялась автоматически и электрофоретическая подвижность частиц. Данные обрабатывались компьютером и на основании их, затем

определялся дзета-потенциал частиц. Результаты однозначно показали резкое уменьшение величины дзета-потенциала. Для некоторых частиц дзета-потенциал падал до нуля после электрообработки методом электронейтрализации. Это и вызвало, в конечном итоге, последующую флокуляцию частиц и разделение эмульсии.

Метод электронейтрализации с успехом применялся для очистки сточных вод от нефтепродуктов в самых различных отраслях производства. В последние годы основной упор был сделан на предприятия энергетики – ТЭЦ и ГРЭС, которые уделяют значительное внимание к экологическим проблемам. При этом нужно отметить, что в большинстве случаев предприятия уже имеют установки и очистные сооружения по удалению нефтепродуктов из стоков. В связи с этим метод электронейтрализации применяется к сточным водам, где содержание нефтепродуктов редко превышает диапазон 2-5 мг /л. Для более глубокой очистки на ряде ТЭЦ и ГРЭС используются угольные фильтры, недостатки которых уже отмечались.

Установки электронейтрализации могут состоять из одной или нескольких ступеней, в зависимости от устойчивости эмульсионных загрязнений и требованиям к степени очистки. Так на Казанской ТЭЦ-1 используется трех ступенчатая система. Первая и вторая ступени системы электронейтрализационной очистки стоков показаны на рис. 1.

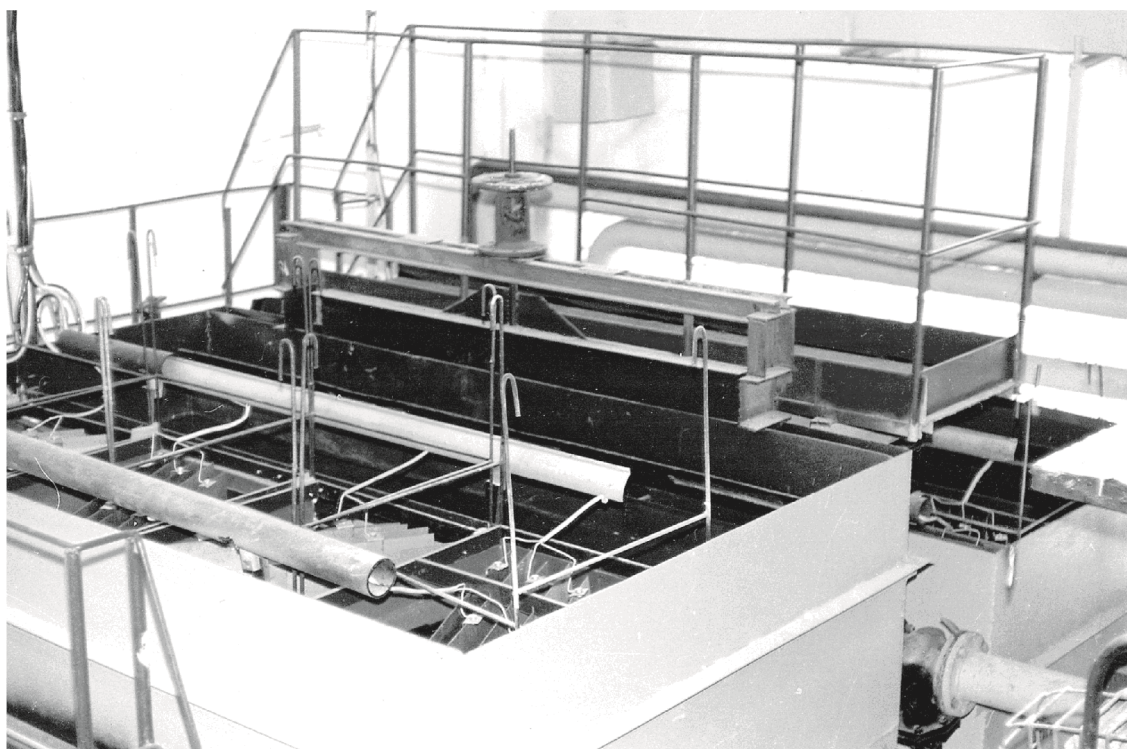


Рис. 1. Первая и вторая ступени системы электронейтрализационной очистки стоков на Казанской ТЭЦ-1

В последнее время для удобства изготовления, сборки и транспортировки используются модульные установки, рис. 2. Модульный принцип позволяет также наращивать производительность и повышать эффективность очистки по мере необходимости.

Установки, как уже указывалось, могут быть одноступенчатыми и многоступенчатыми. Для ливневых стоков можно использовать одноступенчатые установки как, например, на ОАО «Казанское мотостроительное ПО». Это связано с тем, что устойчивость эмульсионных загрязнений в ливневых стоках, как правило, (но не всегда) относительно невысока.



Рис. 2. Модульные установки электронейтрализационной очистки на Мурманской ТЭЦ

Что же касается параллельного удаления взвешенных веществ, то этот процесс можно объяснить двумя факторами. Первый фактор связан с конструкцией установок, которая представляет собой своеобразный форсированный отстойник. Второй фактор является вероятностным, так как не подтвержден экспериментально. Не вызывает сомнения, что мелкодисперсные взвеси также как и эмульсии характеризуются специфической адсорбцией, а следовательно и образованием поверхностного заряда. Разрушение этого поверхностного заряда в переменном электрическом поле также должно приводить к укрупнению частиц и их последующему осаждению. Однако, насколько существенен этот эффект пока сказать трудно. Как бы там ни было, процесс параллельной очистки от взвешенных веществ идет достаточно эффективно. Так на Мурманской ТЭЦ использование электронейтрализационной очистки позволило снизить их содержание до ПДУ. Интересно отметить, что использование метода позволяет снизить содержание в сточных водах тяжелых, цветных и черных металлов, хотя и не всегда значительно. Сравнительные характеристики различных технологий очистки приведены в таблице.

Следует отметить простоту и безопасность обслуживания установок электронейтрализации. Использование специального обслуживающего персонала не требуется. Контроль показаний приборов осуществляется один раз в смену работниками, выполняющими другие функции. В процессе не выделяется газ или токсичные вещества, нет образования пены, как при электрофлотации. Обеспечивается пожаро и взрывобезопасность при использовании таких систем, что весьма важно для предприятий энергетики.

Таблица

**Сравнительные характеристики различных технологий очистки**

Параметр	Технология электронейтрализации	Другие технологии
Уровень очистки от нефтепродуктов	0,1- 0,3 мг/л < 10 мг/л	0,3 – 5 мг/л > 10 мг/л
Удельная энергоёмкость	0,05-0,2 кВт· ч/м <sup>3</sup>	0,1-0,5 кВт· ч/м <sup>3</sup>
Наличие химреагентов, фильтрующ. загрузок или сорбентов и др.	нет	есть
Наличие побочных отходов	нет	есть
Уровень автоматизация	полный	частичный
Регламентные работы	1 раз/год	2-4 раз/год
Срок службы без ремонта	не менее 25 лет	10-20 лет

Разумеется, данная технология может использоваться и в других отраслях промышленности. В этом отношении интересно было бы использовать метод

электронейтрализации для очистки других видов органических загрязнений, образующих эмульсии типа «масло-вода».

#### Список библиотечных ссылок

1. Минаков В.В., Кривенко С.М., Никитин Т.О. Новые технологии очистки от нефтяных загрязнений // Экология и промышленность России, 2002 май. – С. 7-9.
2. Ануфриев С.И., Исаев В.И., Установка доочистки сточных и ливневых вод от нефтепродуктов // Экология и промышленность России, 2002 июнь. – С. 17-19.
3. Колесников В.А., Капустин Ю.И. и др. / Под редакцией В.А Колесникова / Электрофлотационная очистка сточных вод промышленных предприятий. – М., 2007.
4. Рочев Г.А., Юфин В.А. Очистка сточных вод и вторичное использование нефтепродуктов. – Л: Недра, 1983.
5. А.с № 947068 Захватов Г.И.; Способ очистки воды от нефтепродуктов, 30.07.82.
6. А.с. № 1834266 Захватов Г.И.; Способ очистки воды от нефтепродуктов, 18.01.90.
7. Захватов Г.И., Котов Н.В., Влияние переменного электрического поля на устойчивость эмульсий нефтепродуктов // Изв. вузов. Нефть и газ. 1987, № 5. – С. 43-46.

**Zahvatov G.I.** – doctor of technical science, professor

E- mail: avtel@kgasu.ru

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

#### Wastewater treatment in the power stations from oil products and weight substances

##### Resume

The object of the article is the investigations of electroneutralization method, using for wastewater cleaning from oil products and weight particles. This method was adapted for wastewater of different power stations. The electroneutralization method, as author supposes, have preferences than another methods. The mechanism of method is explaining, as a direct destruction for stability of emulsion type «oil-water». The author uses the theory of Deriagin-Landau-Fervey-Overbeck to explain how the method works. According to this theory the stability of emulsions «oil-water» explained by the presence of the surface charge of particles, as a result of specific adsorption of anions from water. The negative charge of oil particles bring to attraction, that protect for flocculation. According the method, the destruction of surface charge have a place in the alter electric fields, with using insoluble electrodes.

The experiments to prove this mechanism are described in the article.

The wastewater supplies are described in variants. The compare data for electroneutralization and methods brought in a conclusion. The different preferences of method provide another using of method for power stations and another objects.

**Keywords:** wastewater treatment, oil products, weight substances electroneutralization method, power station.

##### Reference list

1. Minakov V.V., Krivenko S.M., Nikitin T.O. New treatment technology from oil wasters // Ecology and industry of Russia, 2002 may. – P. 7-9.
2. Anufriev S.I. The supply of subtriment of waster and downpour waters from oil products// Ecology and industry of Russia, 2002 june. – P. 17-19.
3. Kolesnikov V.A., Kapustin Y.I. and anther. /Under colition V.A. Kolesnikov. The electro flotation treatment from waster coater of industrial works. – M., 2007.
4. Rochev G.A., Yufin V.A. The treatment of wastewater and again using of oil products. – L.: Nedra, 1983.
5. A.s. № 947068 Zahvatov G.I. The method of waste water treatment from oil products, 07.30.1982.
6. A.s. № 1834266 Zahvatov G.I. The method of waste water treatment from oil products, 01.18.1990.
7. Zahvatov G.I., Kotov N.V. The influence of alter electric field for the stability of oil emulsion // Izv. of VUZ. The oil and gas, 1987, № 5. – P. 43-46.