

# Влияние электрических и физических факторов на процесс электронейтрализационной очистки водных эмульсий Захватов Г. И.

*Захватов Герман Иванович / Zakhvatov German Ivanovich – доктор технических наук, профессор,  
кафедра физики электротехники и автоматики,  
Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань*

**Аннотация:** электронейтрализационный метод очистки водных эмульсий типа «масло-вода» достаточно успешно применяется на различных предприятиях. На эффективность процесса влияют различные факторы, часть из которых приведена на основе теории ДЛФО и экспериментальных данных, полученных в данной работе. Рассмотрено влияние электродной плотности тока, межэлектродной дистанции, линейной скорости движения эмульсии в межэлектродном пространстве и конструкции электродной системы. Полученные результаты позволяют определить оптимальный диапазон этих величин. Полученные результаты обсуждаются с привлечением экспериментального подтверждения и логических предположений.

**Ключевые слова:** очистка органических эмульсий, электрическая обработка жидкостей, электронейтрализационный метод.

УДК 628.16.087

Процесс электронейтрализационной очистки исследуется довольно давно [1-6], однако изучен довольно слабо. Это, в частности, объясняется многофакторностью самого процесса. Исследование влияния отдельных факторов на процесс электронейтрализационной очистки может способствовать повышению эффективности процесса, прежде всего, улучшению качества очистки сточных и природных вод от нефтепродуктов. Механизм разрушения устойчивости эмульсии в переменном электрическом поле объяснен нами как нейтрализация поверхностного заряда частиц под действием поля [7]. Устойчивость водных органических эмульсий типа «масло-вода» объясняется наличием поверхностного заряда частиц. При этом установлено, что частицы заряжены одноименно и имеют отрицательный заряд. По-видимому, это связано со специфической адсорбцией частицами эмульсии анионов, присутствующих в воде.

Устойчивость органических эмульсий в большинстве случаев связана с их дисперсностью. Чем выше дисперсность частиц, тем больше устойчивость эмульсии. Частицы диаметром несколько десятков микрон и выше флотируются в верхний слой эмульсии, обеспечивая ее разделение. На устойчивость эмульсий влияет также ряд других факторов, в частности, температура, рН среды, наличие поверхностно-активных веществ, но в данной статье они не рассматриваются.

В естественных условиях происходит флокуляция частиц за счет кинетической энергии броуновского движения и сил Ван-дер-Ваальса. Частицы, достигшие критического размера, выплывают, а в воде остаются только высокодисперсные частицы. Однако наличие одноименного поверхностного заряда частиц приводит к возникновению, так называемого, расклинивающего давления, препятствующего флокуляции частиц. Частицы высокой степени дисперсности, обладающие отрицательным поверхностным зарядом, могут находиться в диспергированном состоянии неопределенно долгое время.

Метод электронейтрализации, в отличие от других методов, связан с непосредственным разрушением поверхностного заряда частиц в переменном электрическом поле. Здесь рассматривается влияние на процесс таких факторов, как электродная плотность тока, межэлектродная дистанция и линейная скорость движения эмульсии в межэлектродном пространстве. Эти параметры легко регулируются, что может быть использовано для оптимизации процесса.

Конструктивно установки, используемые в эксперименте, выполнялись в двух вариантах: с горизонтальной электродной системой и с вертикальной. Фактически это был еще один фактор, исследованный в данной работе. В процессе обработки необходимо было отделять флотируемые в верхний слой частицы эмульсии. С этой целью электродный отсек отделялся от выходного устройством сифона, как например, в установке для электрообработки растворов и стоков [5]. В качестве электродов использовался алюминиевый сплав Д16АТ и титан ОТ4. Электроды выполнялись сплошными или перфорированными. Конструкция установок позволяла менять межэлектродное расстояние. Эмульсия готовилась на основе минеральных масел, используемых в промышленности. Эмульгирование осуществлялось в электромеханическом эмульгаторе. После эмульгирования эмульсия выдерживалась в течение суток для отделения устойчивой части. Каждый эксперимент дублировался 3-4 раза, а в случае большого разброса данных – до получения устойчивых результатов.

Наиболее существенным было выяснить электрическую составляющую процесса электронейтрализации. Это, прежде всего, влияние электродной плотности тока. На рис. 1 показано

влияние этого параметра на эмульсию масла И – 20 С начальной концентрацией  $C_{нач} = 46-48 \text{ мл/л}^{-1}$ , при разных линейных скоростях движения эмульсии в межэлектродном пространстве  $U$ .

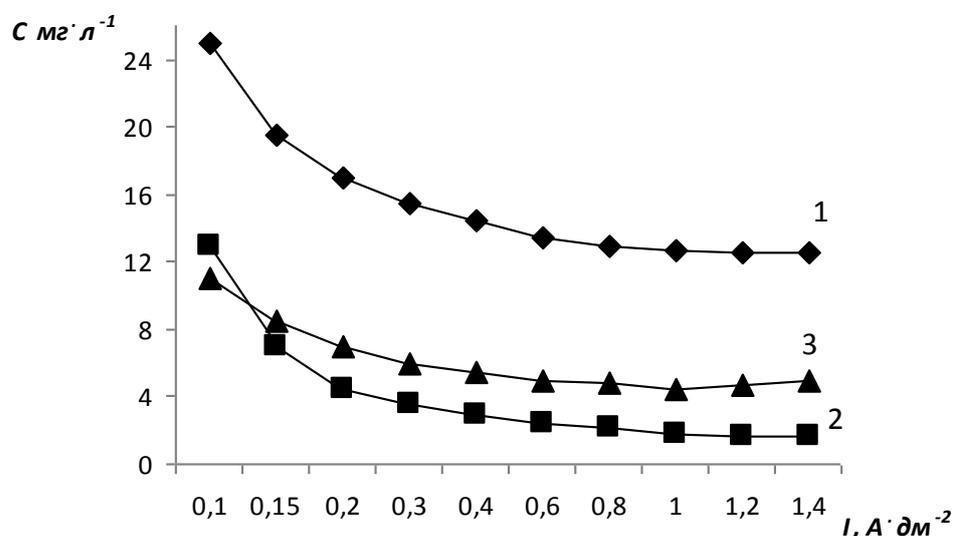


Рис. 1. Влияние плотности тока на остаточную концентрацию эмульсии масла И-20. 1- при  $U = 19 \text{ см/мин.}^{-1}$  (электроды из титана ОТ4), 2-  $U = 2,5 \text{ см/мин.}^{-1}$  (электроды из титана ОТ4), 3 -  $U = 2,5 \text{ см/мин.}^{-1}$  (электроды алюминиевого сплава Д16)

Как видно из приведенных данных, влияние плотности тока весьма значительно при низких плотностях тока, но с последующим ростом ее влияние становится незначительным (при плотности тока свыше  $0,2 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$ ). Это вполне естественно с энергетической точки зрения, как фактор непосредственного разрушения заряда частиц под действием электрического поля.

На рис. 1 также видно резкое влияние линейной скорости движения эмульсии в межэлектродном пространстве. Эффект резкого увеличения эффективности процесса с уменьшением скорости также является вполне объяснимым, так как возрастает время воздействия электрического поля. Влияние же материала электродов (титан или алюминий) непосредственно, но при высоких плотностях тока эффективность процесса с использованием электродов из алюминия начинает падать, что, возможно, связано с появлением процесса растворения электродов.

На рис. 2 показана та же зависимость, при более высокой начальной концентрации масла И-20. Как и в предыдущем случае использовалась установка с вертикальными электродами с межэлектродной дистанцией  $d=5 \text{ см}$ .

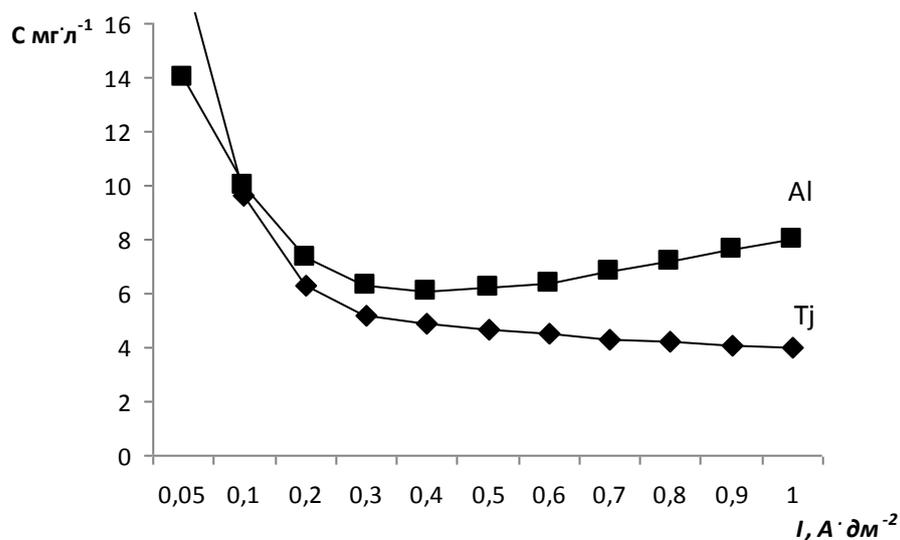


Рис. 2. Зависимость остаточной концентрации масла И-20 от электродной плотности тока при начальной концентрации  $C_{нач} = 93 \pm 2 \text{ мг/л}^{-1}$

Как видно из этих данных характер процесса практически не меняется, но эффективность процесса несколько уменьшается.

Влияние межэлектродной дистанции на эффективность процесса иллюстрируется на рис. 3. Для эксперимента готовилась эмульсия на основе масла МС 20 с начальной концентрацией масла  $C_{нач} = 40 \pm 1 \text{ мг/л}^{-1}$ . Линейная скорость движения эмульсии  $U = 10 \text{ см/мин}^{-1}$ . Установка с вертикальной электродной системой.

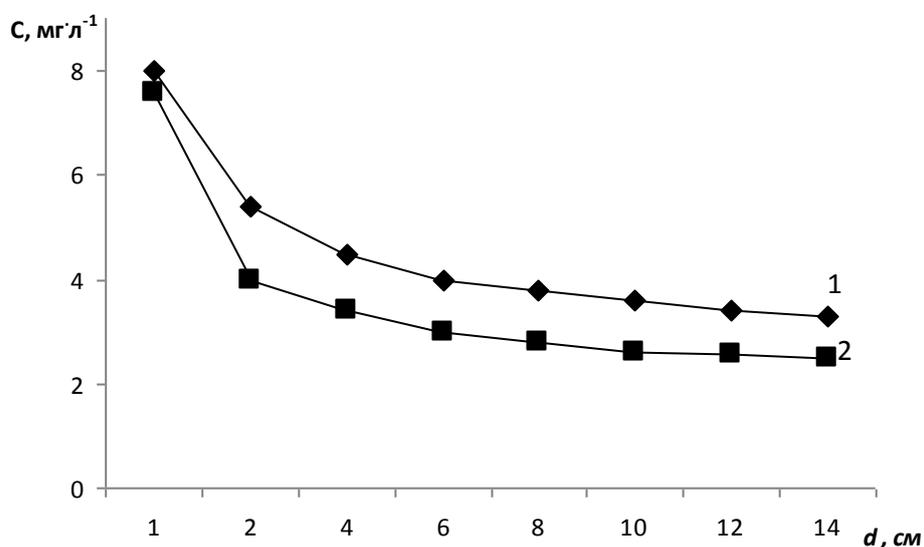


Рис.3. Влияние межэлектродной дистанции на эффективность процесса (остаточную концентрацию масла МС 20). 1- для плотности тока  $0.1 A \cdot dm^{-2}$ , 2 – для плотности тока  $0.4 A \cdot dm^{-2}$

Из данных рис. 3 видно, что межэлектродная дистанция играет существенную роль в процессе обработки. С увеличением межэлектродной дистанции эффективность возрастает, практически стабилизируясь при  $d > 5 \text{ см}$ . Это вполне объяснимо с точки зрения возрастания нахождения эмульсии в активной зоне. Однако это сказывается только при малых дистанциях ( $d < 5 \text{ см}$ ). Дальнейшее увеличение дистанции фактически не влияет на эффективность процесса, то есть наступает определенный предел влияния электрообработки. Данные для более высокой скорости движения эмульсии приведены на рис. 4.

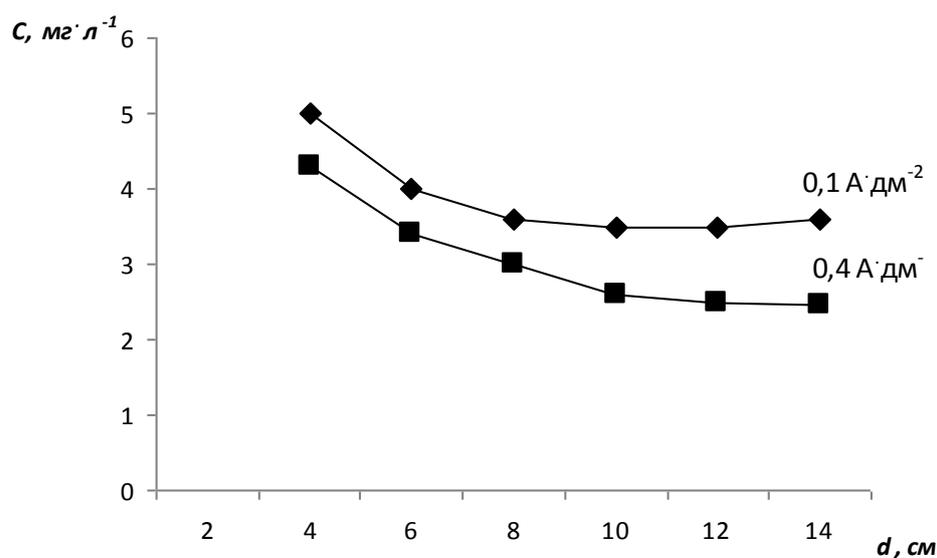


Рис. 4. То же (рис. 3) для линейной скорости движения эмульсии  $U = 14 \text{ см/мин.}^{-1}$

Характер кривых на рис. 4 подтверждает выводы, сделанные ранее (на графике не приведены данные для малых межэлектродных дистанций, так как эффективность процесса в этих случаях весьма мала). Исходя из этих и других не приводимых здесь данных, межэлектродную дистанцию 5-10 см следует считать оптимальной для проведения процесса разделения эмульсий методом электронейтрализации.

Влияние линейной скорости движения эмульсии на эффективность процесса уже косвенно отмечалось при обсуждении ранее приведенных результатов. Непосредственное влияние этого фактора показано на рис. 5. Для исследования были использованы эмульсии на основе масел И-20 и И-40 с начальной концентрацией масел  $52 \pm 2 \text{ мг/л}^{-1}$ , плотностью тока  $0,1 \text{ А/дм}^2$ .

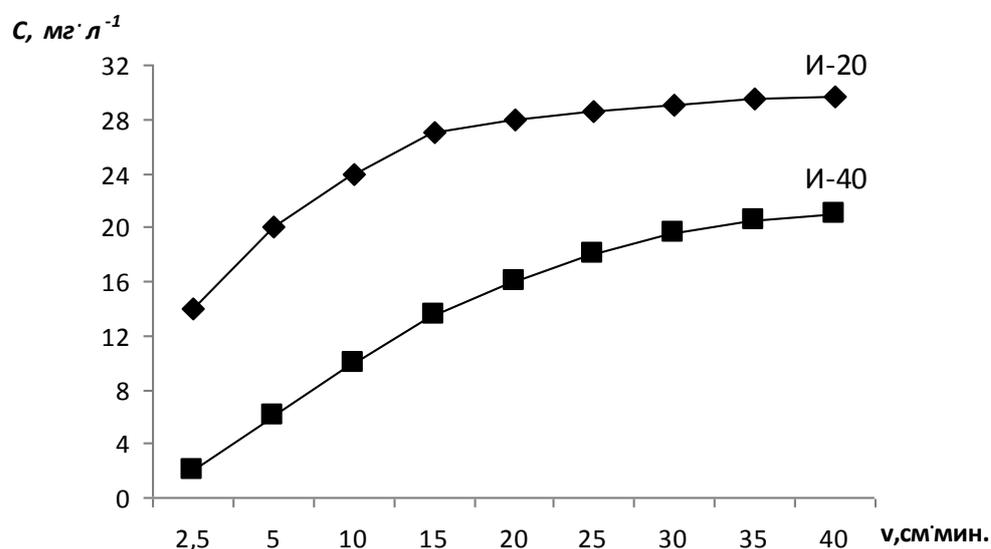


Рис. 5. Влияние скорости движения эмульсии в межэлектродном пространстве на эффективность процесса электронейтрализации (на остаточное содержание масел И-20 и И-40 после обработки)

Как видно из графика, рис. 5, скорость движения эмульсии очень существенно влияет на процесс электрообработки данным методом: эффективность быстро падает с увеличением скорости, что естественно связать с уменьшением времени нахождения эмульсии в активной зоне.

Все полученные данные были выполнены на установках с вертикальной электродной системой. Данные для установок с горизонтальной электродной системой значительно сложнее для

интерпретирования и требуют дополнительных исследований. Следует отметить, что мы связываем это с влиянием контактного эффекта, который в установках с горизонтальной электродной системой неоднозначно связан с гидродинамикой процесса. Эффективность процесса в установках с горизонтальной электродной системой может быть как выше, так и ниже, чем в установках с вертикальной электродной системой при прочих равных условиях. Как правило, она выше при низких начальных концентрациях эмульсий. Поэтому при проектировании многокаскадной очистки воды или стоков от нефтепродуктов рекомендуется использовать последнюю ступень с горизонтальной электродной системой.

Необходимо отметить, что на эффективность процесса могут влиять и другие факторы. Здесь же приведены наиболее существенные, на наш взгляд, характеристики процесса.

Исходя из этих и ряда других экспериментальных данных для практического внедрения метода рекомендуется электродная плотность тока  $0.1-0.4 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$ , межэлектродная дистанция 5-10 м, линейная скорость движения в активной зоне 5-7 см.

### *Литература*

1. *Захватов Г. И.* Влияние переменного электрического тока на устойчивость эмульсии нефтепродуктов // Изв. вузов. Нефть и газ, 1987. № 6. С. 43-46.
2. А.с. № 1834266. *Захватов Г. И.* Способ очистки воды от нефтепродуктов // Бюлл. изобретений, 1990. № 48.
3. *Захватов Г. И., Никитин Ю. В.* Электронейтрализационные установки для очистки сточных вод от нефтепродуктов // Сборник статей IX международная научно-практ. конф. «Экология и безопасность жизнедеятельности». Пенза: ПГСХА, 2009. С. 86-88.
4. *Захватов Г. И.* Опыт очистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ в энергетике // Известия Казанского арх.-строит. университета, 2013. № 4. С. 202-206.
5. Патент РФ. № 1 41767. *Захватов Г. И.* Устройство для электрической обработки воды и водных растворов // Бюлл. Изобретений, 2014. № 16.
6. *Захватов Г. И., Никитин Ю. В.* Использование электронейтрализационного метода очистки стоков от нефтепродуктов на предприятиях электроэнергетики, 2015. № 7. С. 33-35.
7. *Духин С. С., Дерягин Б. В., Семенухин М. Н.* Взаимодействие двух сферических коллоидных частиц на больших расстояниях // Доклады АН СССР, 1977. № 2. С. 357-360.