

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию **Копыловой Ларисы Евгеньевны** «КОАЛЕСЦЕНТНО-МЕМБРАННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ПРЯМЫХ ЭМУЛЬСИЙ», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.18 – Мембраны и мембранная технология

Актуальность темы представленной диссертации связана с необходимостью создания эффективных и надежных методов очистки нефтесодержащих сточных вод. Особенно остро стоит проблема очистки жидких радиоактивных отходов (ЖРО) при переработке которых присутствие нефтепродуктов негативно влияет на эффективность протекания многих технологических процессов. В связи с этим, задача создания новых, перспективных способов удаления нефтепродуктов из сточных вод является весьма важной и актуальной.

Целью настоящей работы являлось разработка гибридной коалесцентно-мембранной технологии очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты.

Научная новизна диссертации состоит в следующем:

- изучено влияние контактной коалесценции капель эмульсии нефтепродуктов внутри пористой структуры мембран на процесс их замасливания, а также определены параметры, влияющие на процесс контактной коалесценции;
- предложена и исследована комбинированная технология удаления нефтепродуктов, включающая стадии контактной коалесценции и мембранного разделения;
- разработана конструкция аппарата для проведения совмещенного процесса разделения прямых эмульсий нефтепродуктов.

Практическая ценность работы состоит в разработке коалесцентно-мембранного аппарата для проведения совмещенного процесса разделения прямых эмульсий. На базе полученных результатов разработана технологическая схема очистки ЖРО содержащих тонкодисперсную масляную фазу и проведены успешные испытания на предприятии ФГУП «Радон». Материалы работы вошли в курсы «Сорбционные процессы», «Введение в мембранную технологию» для студентов профильных специальностей.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 121 страницах машинописного текста, содержит 67 рисунков, 18 таблиц, библиографический список из 85 наименований.

Во **введении** обоснована актуальность работы, определены цель и задачи работы, изложены новизна и практическая значимость работы.

В **первой главе** обобщены литературные данные, связанные с рассмотрением систем типа «масло-вода», а также рассмотрены различные методы разделения тонкодисперсных разбавленных эмульсий масла в воде: контактная коалесценция и мембранные процессы. По результатам литературного обзора сформулированы основные задачи исследования.

Во **второй главе** приведены методики проведения экспериментов и анализа, описаны конструкции разработанных экспериментальных установок.

В **третьей главе** представлены основные результаты исследования. Изучен физико-химический механизм «замасливания» мембран, включающий проникновение капель прямых эмульсий через неселективные поры мембраны и контактную коалесценцию капель внутри пористой структуры мембраны. Предложен способ уменьшения «замасливания» мембран путем предварительного отделения и укрупнения частиц нефтепродуктов непосредственно перед мембраной с целью уменьшения проникновения мелких частиц в поровое пространство. Экспериментально изучено «замасливание» мембран в зависимости от различных технологических параметров процесса и эффективность контактной коалесценции как метода борьбы с «замасливанием» мембран. Показано, что при разделении прямых эмульсий характеристики керамических и полимерных мембран сопоставимы.

При изучении разделения эмульсий методом контактной коалесценции была использована модифицированная математическая модель для волокнистой насадки. Полученные экспериментальные данные позволили уточнить предполагаемый механизм контактной коалесценции. В начальный момент времени происходит рост капель в насадке до критического объема, после чего происходит отрыв и всплывание капель, при этом поверхность насадки освобождается для поглощения новых порций нефтепродуктов. На основании полученных результатов предложен новый способ осуществления процесса удаления нефтепродуктов из растворов путем сочетания контактной коалесценции и мембранного разделения. Для проверки данного метода была разработана и изготовлена установка, включающая коалесцирующую насадку и мембранный модуль. Результаты длительных ресурсных испытаний показали, что способ гибридного разделения эмульсий обеспечивает заметно большую степень очистки растворов от масла и позволяет эксплуатировать аппарат в режиме длительной эксплуатации без заметного снижения производительности.

Апробация разработанного технологического решения была проведена при проведении очистки от нефтепродуктов реальных ЖРО предприятия ФГУП «Радон». Для проведения испытаний был изготовлен аппарат с производительностью 420 л/м²ч. Результаты испытаний показали, что степень очистки ЖРО от нефтепродуктов составила 70-90%, при этом производительность аппарата оставалась на одном уровне в течение всего цикла испытаний. Результаты испытаний заказчиком были признаны успешными.

По работе можно сделать следующие замечания:

1. Использованный метод определения ПАВ, в частности, додецилсульфата натрия методом кондуктометрии не является самым точным. Обычно используют экстракционно-фотометрический или люминесцентный методы.
2. При исследовании модифицирования поверхности мембран использовали только один вид анионообменного ПАВ - додецилсульфат натрия. Другие типы ПАВ (нейтральные, катионообменные) не изучены.
3. При ресурсных испытаниях установки время непрерывной работы не превышало 10 ч, что недостаточно для полной характеристики устойчивости процесса очистки.
4. В тексте и в акте испытаний не приведен состав жидких радиоактивных отходов (солесодержание, рН, наличие других органических компонентов и т.д.), а также не показано распределение радионуклидов между очищенной водной и органической фазой.
5. При обсуждении механизма замасливания мембран (с.106-107) значения коэффициентов корреляции соответствующих зависимостей достаточно близки, что не позволяет сделать однозначный вывод о преобладающем механизме данного процесса.
6. Замечания по тексту:
 - с.9: радионуклидный состав ЖРО АЭС определяет наличие радионуклидов ¹³⁷Cs и ⁶⁰Co, а не ⁹⁰Sr, как у автора;
 - с.26 - доля микропор для разных видов активированных углей может меняться в широких пределах, а не составлять 90%, как написано у автора;
 - с.27 - хлор не является эффективным окислителем для нефтепродуктов и редко используется для их химической деструкции;
 - отсутствуют величины погрешностей на графиках и в таблицах.

Однако высказанные выше замечания носят не принципиальный характер и не влияют на общую положительную оценку данной диссертационной работы, выполненной на высоком научном и экспериментальном уровне, с использованием целого ряда современных физико-химических методов анализа. Основные выводы

диссертанта убедительно подтверждены, как данными экспериментальных исследований, так и результатами опытных испытаний. Содержание автореферата полностью соответствует диссертации. По всем параметрам данная диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.13 г. № 842, а ее автор, **Копылова Лариса Евгеньевна**, заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.18 – Мембраны и мембранная технология.

Милютин Виталий Витальевич,
заведующий лабораторией хроматографии
радиоактивных элементов ИФХЭ РАН,
доктор химических наук
Тел: +7(495)335-9288, E-mail: vmilyutin@mail.ru

 В.В. Милютин

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт физической химии
и электрохимии имени А.Н. Фрумкина
Российской академии наук (ИФХЭ РАН)
119071, Москва, Ленинский проспект, 31, корп. 4
Тел.: +7(495)955-4601
<http://www.physche.ac.ru/>

Подпись Милютин Виталия Витальевича удостоверяю:
ученый секретарь ИФХЭ РАН,
кандидат химических наук



И.Г. Варшавская

“ 17 ” мая 2016 г.