

**О Т З Ы В**  
официального оппонента на диссертационную работу  
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

В настоящее время, как в нашей стране, так и в мировой практике, ожидается расширение и рост использования воды в различных отраслях промышленности. Требования рационального природопользования заставляют специалистов принимать дополнительные меры по глубокой очистке и повторному использованию производственных сточных вод. Используемые в настоящее время передовые технологии очистки воды требуют высоких капитальных и эксплуатационных затрат. В такой ситуации диссертационная работа по разработке и внедрению в практику технологии очистки воды, позволяющей не только добиться более высокой, чем у существующих, эффективности очистки от ряда загрязнений, но и требующей значительно меньшего расхода химических реагентов, представляется чрезвычайно АКТУАЛЬНОЙ.

Актуальность диссертации не вызывает сомнений. Однако в работе актуальность представлена наличием глобальной задачи очистки сточных вод от нефтепродуктов с целью их повторного использования и отсутствием эффективных технологий очистки нефтесодержащих стоков. Между тем, для очистки стоков разработаны и применяются много технологий, в том числе и мембранных на основе ультрафильтрации. Эффективность существующих методов часто ограничена, и следует ожидать от новых исследований разработки путей усовершенствования процесса ультрафильтрации и формирования у автора собственных взглядов и целей. Для решения конкретной и актуальной задачи можно было бы ожидать более детального рассмотрения и критики существующих баромембранных (в том числе ультрафильтрационных) технологий и выявления ключевых направлений их совершенствования путем решения проблемы замасливания мембран. Именно необходимость совершенствования существующих мембранных технологий и составляет, на наш взгляд, актуальность рассматриваемой работы. В литературном обзоре, проведенном автором, содержится анализ существующих мембранных технологий и механизмов «замасливания» мембран и контактной коалесценции, но перечень нерешенных проблем не представлен в актуальности работы.

Диссертационная работа представляет собой законченный объемный научный труд, изложенный на 121 страницах машинописного текста, включая 67 иллюстраций и 18 таблиц. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, выводов и списка литературы, включающего 83 источника.

Несомненной, отличительной и сильной стороной работы является разработанный и использованный методический подход к решению проблемы загрязнения мембран, состоящий в оценке распределения частиц по размерам в зависимости от условий работы установки и образования эмульсий, что позволяет выявить механизм снижения производительности мембран.

Существенной новизной и оригинальностью отличаются методики проведения исследований, конструктивные проработки автора, приведенные автором анализы математических моделей и выводы автора по влиянию эмульгированных загрязнений на мембранный перенос. Это составляет НАУЧНУЮ НОВИЗНУ РАБОТЫ. Предложенный подход по использованию новых разработок по применению аппаратов контактной коалесценции в комбинации с мембранными аппаратами позволяет усовершенствовать схемы очистки нефтесодержащих стоков, повысить их эффективность и надежность, а также сократить расходы на проведение химических промывок мембран. Особенно ярко проявляется эффективность мембранных технологий в сравнении их с традиционно

применяемыми сорбционными технологиями, требующими чрезвычайно высоких эксплуатационных затрат на частую замену сорбционных загрузок.

Следует указать и на замеченную слабую, на наш взгляд, сторону работы. Разработанная и промышленно отработанная технология имеет практическую ценность и отличается оригинальностью. Однако автору, на наш взгляд, следовало бы оценить область ее применимости. Имея бесспорный экономический эффект, работа, тем не менее, не предлагает решения конкретных проблем очистки нефтесодержащих стоков и не предлагает обоснования экономических преимуществ мембранной очистки.

Существенным, на наш взгляд, недостатком работы также является недостаточно уделенное внимание более подробному рассмотрению возможностей современных мембранных технологий и определению областей их применимости при очистке производственных сточных вод. Следовало бы, на наш взгляд, определить область применения предлагаемой технологии, диапазон концентраций удаляемых нефтепродуктов, их природу, уровень очистки и т.д. В задачу автора это не входило, тем не менее можно выразить сожаление, что новая эффективная разработка недостаточно удачно представлена и экономически обоснована.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ** работы должна определяться наличием разработанной и научно обоснованной автором новой технологией очистки производственных сточных вод, обладающей несомненными преимуществами по сравнению с традиционными технологиями благодаря низким эксплуатационным затратам и отсутствию применения реагентов и расходных материалов. Экономичность и эффективность предлагаемой технологии должна подтверждаться результатами проведенного технико-экономического анализа. Представленное автором в диссертации и в автореферате определение практической значимости в виде разработки пилотных установок и разработанных технологических схем очистки еще не говорит об их экономическом преимуществе перед существующими технологиями.

**ДОСТОВЕРНОСТЬ** результатов работы подкрепляется представленными обширными графическими и табличными материалами, полученными опытным путем, и сомнений не вызывает. **ОБОСНОВАННОСТЬ** результатов и выводов работы подтверждается многолетним опытом автора в изучении, разработке и внедрении разработанных технологий и аппаратов по разделению водных растворов. Диссертация выполнена на высоком научно-методическом уровне, хорошо оформлена и иллюстрирована графиками, схемами и рисунками.

Работа прошла серьезную апробацию, что подтверждается наличием докладов и сообщений на международных и отечественных конгрессах и семинарах. Её результаты опубликованы в 8-ми научных статьях, из них 3 - в реферируемых журналах, а также содержатся в тезисах докладов, представленных на научных конференциях и форумах. Содержание автореферата соответствует основному содержанию диссертации. Положительно оценивая диссертационную работу Л.Е. Копыловой, следует отметить следующие замечания и пожелания:

1. Литературный обзор (глава 1) содержит, на наш взгляд, достаточно глубокий анализ существующих технологий очистки воды от масел и других нефтепродуктов и взглядов на механизмы мембранного разделения эмульсий. Однако, на наш взгляд, прежде, чем сформулировать цели и задачи своей работы, автору диссертации следовало бы представить свой, более критический подход к описанию существующих технологий, более подробно обосновать их главные недостатки: недостаточно высокую надежность и чрезвычайно высокие эксплуатационные затраты. В диссертации автор приводит много ссылок на существующие разработки в области очистки от нефтепродуктов сточных вод нефтеперерабатывающих заводов и поверхностного стока, проведенные такими организациями, как НИИ ВОДГЕО, АО «МосводоканалНИИпроект» и др., которые содержат достаточно информации для сравнительной экономической оценки традиционных и предлагаемой технологий.

2. В диссертации, на наш взгляд, не вполне удачно сформулированы актуальность работы и ее практическая значимость. Представленная автором формулировка актуальности работы, заключающейся в «отсутствии надежных и универсальных методов» очистки воды от нефтепродуктов звучит не совсем корректно, особенно для организаций, на протяжении многих лет занимающихся решением этой проблемы. На наш взгляд, следует обосновать актуальность чрезвычайно высокими эксплуатационными затратами существующих традиционных технологий и недостаточным совершенством мембранных процессов, не позволяющим широко использовать их в практике очистки сточных вод. Практическая значимость настоящей работы определяется обоснованной возможностью создания эффективной технологии очистки стоков с минимальными эксплуатационными затратами и ее широкого промышленного применения, а не самим фактом создания новой разработки и пилотной установки. В данном случае – достигнуто сокращение затрат на реагенты для химических промывок мембран и на замену сорбционных материалов.

3. При описании установки, содержащей трубчатые керамические мембраны (рис.2 автореферата) представлена схема установки, на которой следовало бы указать линии фильтра и концентрата. На рис.3 показана схема установки контактной коалесценции, а в тексте автореферата (п.3.3) описано коалесцентно-мембранное разделение эмульсий, но не показано устройство аппарата с коалесцирующей насадкой, что затрудняет оценку проведенных экспериментов. Устройство аппарата, к сожалению, показано только в диссертации (рис.39).

4. В диссертации проведено очень интересное и важное исследование по распределению размеров капель эмульсии. Это исследование проведено для приготовленных растворов с концентрациями нефтепродуктов 200, 150, 100, 50 мг/л, а также для эмульсий, обработанных ультразвуком и различными стабилизаторами. К сожалению, в работе не представлено изучение влияния распределения размеров капель эмульсии на ход процесса снижения производительности мембран, а это могло бы способствовать более глубокому пониманию механизма замасливания мембран.

5. Обращает на себя внимание рис 14, приведенный в автореферате (рис. 63 в диссертации) и демонстрирующий эффективность применения коалесцентно-мембранного разделения. Нижняя кривая показывает снижение относительной удельной производительности мембран от времени при концентрации масла в эмульсии 150 мг/л и полностью совпадает с кривой, показанной на рис. 9 и соответствующей содержанию масла 150 мг/л. Верхняя кривая на рис. 14 показывает снижение удельной производительности мембран при разделении эмульсии, прошедшей контактную коалесценцию. Судя по рисунку 13 автореферата (рис. 62 диссертации), коэффициент очистки при проведении контактной коалесценции равен 5 - 10 (нижняя кривая рис. 13 автореферата), что соответствует содержанию масла в эмульсии 15 - 30 мг/л. Однако, вид верхней кривой, показанной на рис.14 автореферата, по своей форме не соответствует кривым, показанным на рис. 9 автореферата (рис. 50 и 54 диссертации) и соответствующим низким значениям содержания масла в разделяемых эмульсиях (50 мг/л). Если все кривые зависимостей удельной производительности мембран от времени на рис. 9 демонстрируют постоянное снижение величины удельной производительности с течением времени, то верхняя кривая рис. 14 автореферата демонстрирует быстрое снижение удельной производительности в течение первых 150 часов работы установки (причем темп снижения полностью соответствует нижней кривой), после которого наступает «стационарный» режим, демонстрирующий постоянное значение производительности мембран без признаков его снижения в течение 600 минут непрерывной работы. Такие результаты требуют объяснения. Не сомневаясь в добросовестности проведения автором экспериментов и достоверности полученных результатов, можно выразить сожаление, что автор не уделил достаточно места анализу механизмов замасливания мембран и падения вследствие этого их производительности.

Ключ к объяснению таких интересных и важных результатов лежит, на наш взгляд, во влиянии процесса коалесценции на распределение частиц эмульсии по размерам и влиянии его на процесс закупорки части пор мембраны (рис.60).

6. Диссертация легко читается и хорошо оформлена. Однако при прочтении встречается ряд неудачных, на наш взгляд, выражений, так называемый научный «жаргон» типа «контактная коалесценция .... конкурирует с мембраной за каждую каплю масла» или «...обеспечивает заметно лучшую очистку», «для определенного расхода необходима площадь мембран 0,13 кв.м», «схема установки для керамических мембран» и др. Не очень удачно, на наш взгляд, звучит постоянно встречающийся термин «расход в насадочных объемах».

Других замечаний нет. Оценивая работу в целом, следует отметить, что диссертация Л.Е. Копыловой является самостоятельным научным трудом, в котором на основании выполненных автором исследований научно обоснована и опробована в производственных условиях новая технология разделения прямых эмульсий, которая успешно может быть применена при переработке нефтесодержащих сточных вод. Такая технология выгодно отличается от традиционных способов очистки воды от нефтепродуктов и отсутствием эксплуатационных затрат на реагенты и расходные материалы. Высказанные замечания не влияют на общее положительное впечатление от работы, выполненной на высоком научном уровне и имеющей, несомненно, существенную практическую ценность.

На основании вышеизложенного, считаю, что диссертация по своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и практической значимости соответствует п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ (№ 842, от 24 сентября 2013 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Копылова Лариса Евгеньевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.18 – Мембраны и мембранная технология.

Доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Водоснабжение»,  
Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет  
(НИУ МГСУ)  
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26  
Телефон: +7 (495) 781-80-07;  
e-mail: ale-pervov@yandex.ru

Первов Алексей Германович  
29.04.2016



*Лариса Первове А. Г. завершено*

