

## ОТЗЫВ

официального оппонента Мигалатия Евгения Васильевича  
на диссертационную работу Лазарева Владимира Александровича на тему  
«Разделение и концентрирование молочной сыворотки на  
ультрафильтрационных и обратноосмотических мембранах»,  
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук  
по специальности 05.17.18 – Мембраны и мембранная технология

В целях повышения конкурентоспособности и экологической безопасности предприятий молочной промышленности Российской Федерации, одним из актуальных направлений их развития является максимально эффективное использование сырьевых и энергетических ресурсов. Одним из ключевых условий эффективности производственного процесса предприятия является переработка вторичного сырья. Характерным примером может служить молочная сыворотка, образующаяся в значительных объемах на предприятиях молочной отрасли, производящих сыр и творог по классической технологии. Дополнительную трудность для переработки создает низкое содержание полезных компонентов в исходной молочной сыворотке, поэтому перед дальнейшим использованием в производстве, ее необходимо концентрировать. Среди применяющихся для этих целей технологий наиболее предпочтительной можно считать мембранную технологию, которая позволяет проводить указанные процессы при минимальных энергетических затратах с сохранением органических компонентов в нативном состоянии.

На основании вышеизложенного, представленная диссертационная работа Лазарева Владимира Александровича, посвященная разработке баромембранных процессов разделения и концентрирования молочной сыворотки на ультрафильтрационных и обратноосмотических мембранах, является **актуальной**.

Соответственно выбранной темы, диссертант определил цели работы, заключающиеся в установлении основных закономерностей процессов

ультрафильтрации и обратного осмоса, определении осмотического давления молочной сыворотки, разработке метода расчета обратноосмотической установки. Автор осуществил большой объем экспериментальных исследований в области ультрафильтрации и обратного осмоса молочной сыворотки, рассмотрены закономерности этих процессов с использованием достаточно широкого спектра современных мембран серий. На стадии ультрафильтрации рассматривались мембраны серий УПМ, УАМ и КУФЭ. На стадии обратноосмотического концентрирования работа велась с мембранами марок МГА-80П и -100П. Особенный интерес представляет то, что исследовались мембраны именно российского производства, что позволяет сделать вывод о высоком потенциале импортозамещения.

Несомненный интерес представляет **научная новизна** полученных В.А. Лазаревым результатов. Впервые приводятся данные по деминерализации сыворотки на стадии обратного осмоса, что очень важно при дальнейшем использовании концентрата сыворотки как продукта. Определение значения осмотического давления для творожной и подсырной молочной сыворотки и оценка влияния отдельных компонентов на величину осмотического давления, также имеет значительную **научную ценность**.

Диссертант осуществил неоднократную апробацию полученных результатов в промышленных условиях, что определяет **практическую значимость** его работы. В первую очередь надо отметить разработку технологической схемы переработки сыворотки, позволяющей исключить трудоемкую стадию предварительной подготовки. Разработанный метод расчета обратноосмотической установки, адаптированный для молочной сыворотки, позволяет проводить расчеты с необходимой точностью, как для проектных, так и для поверочных технологических расчетов.

Диссертация изложена на 119 страницах машинописного текста, включающего 36 рисунков, 13 таблиц и список использованных источников из 135 наименований.

Введение обосновывает актуальность выбранной темы исследования. Диссертант определяет основные цели и формулирует задачи исследования, которые необходимо решить для реализации поставленной цели.

В обзоре литературы автор приводит анализ теоретических основ баромембранных процессов на примере ультрафильтрации и обратного осмоса, рассматривает влияние внешних факторов (температуры разделяемой среды, рабочего давления, концентрации раствора и гидродинамических условий) на эффективность данных процессов. Приводится очень важный раздел – применение баромембранных процессов в молочной промышленности, направленный на анализ состояния вопроса в настоящее время. Рассмотрены вопросы значения и определения осмотического давления различных растворов, приведены методы нахождения этого параметра.

Во второй части диссертации изложены материалы и методы исследования. Как показывает диссертант, при выполнении работы использовали как стандартные, так и оригинальные методики определения различных параметров. Среди стандартных методик – определение массовой доли казеина, сывороточных белков и общее содержания белка по ГОСТ 25179 рефрактометрически и методом Къельдаля, массовой доли жира кислотным методом Гербера по ГОСТ 5867 и титруемую кислотность по ГОСТ 3624, массовой доли лактозы методом Лоренса. К оригинальной методике можно отнести авторский экспериментально-аналитический способ определения осмотического давления, метод определения проницаемости мембраны через скорость потока пермеата в капилляре. Приводится достаточно подробное описание методов исследования процессов ультрафильтрации и обратного осмоса. Применяемые в экспериментах мембраны по своим характеристикам отвечают поставленным в исследовании задачам и охватывают достаточно широкий спектр современных отечественных мембран. Определение физико-химических показателей исходного сырья и получаемых в процессах баромембранного разделения сред по стандартным методам, а также

математическая обработка получаемых параметров, свидетельствует о высокой степени достоверности полученных результатов.

В третьей части работы Лазаревым В.А. представлен значительный объем экспериментальных данных процессов ультрафильтрационного разделения и обратноосмотического концентрирования молочной сыворотки, приведен подробный анализ полученных результатов; описан метод определения осмотического давления молочной сыворотки, а также его результаты; раскрыта методика расчета обратноосмотической установки. На основе полученных результатов делается обоснованный выбор мембран и параметров вышеназванных процессов, который интегрально обеспечивает оптимальные условия их проведения. Такой вывод можно сделать исходя из того, что автор исследует влияние основных внешних факторов на характеристики мембран – это давление, температура, концентрация и гидродинамика исследуемой среды.

Значение осмотического давления такого сложного по составу раствора как молочная сыворотка до сих пор отсутствовало в литературных данных, поэтому, полученные автором результаты по осмотическому давлению творожной и подсырной сывороток представляют научный и практический интерес и, несомненно, будут востребованы проектировщиками мембранного оборудования в молочной промышленности. Используя приведенные результаты можно, по мнению диссертанта, спрогнозировать величину осмотического давления растворов, близких по составу к молочной сыворотке, вследствие аддитивности вклада компонентов раствора в величину осмотического давления.

Разработанная автором методика расчета обратноосмотической установки основана на результатах экспериментов. Это позволило, учитывая гидродинамику и массоперенос в мембранном элементе, получить уравнения, с помощью которых определяются основные параметры установки (рабочее давление, количество секций (элементов) с заданной селективностью, производительность насоса), при этом выполняется удовлетворительная сходимость экспериментальных и расчетных результатов.

Четвертая часть диссертации посвящена технико-экономическому анализу процесса переработки молочной сыворотки. Рассматривая разработанную схему линии переработки сыворотки, необходимо отметить, что диссертант не предусматривает стадию предварительной подготовки сыворотки, и это обстоятельство существенно упрощает аппаратное оформление. Особый интерес представляет то, что полученные результаты **подтверждены в производственных условиях.**

Отмечая достаточно высокий уровень проработки всех разделов диссертационной работы, необходимо указать ее автору на некоторые замечания и пояснить следующие вопросы:

1. В диссертации хотелось бы, чтобы автор в большей степени отразил обоснование найденной им оптимальной последовательности процессов ультрафильтрации и обратного осмоса при решении задачи переработки молочной сыворотки.

2. Почему в диссертационной работе не представлен более развернутый материал по применению процесса нанофильтрации, хотя в опубликованных диссертантом статьях он присутствует?

3. Согласно исследованию влияния температурных условий на селективность и проницаемость примененных диссертантом мембран (стр. 68, 69 и 82), делается вывод об оптимальном значении температуры в пределах  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ . В тоже время из литературных данных известно, что мембранная переработка сыворотки осуществляется и при более низких значениях, порядка  $10^\circ\text{C}$ , с целью предотвращения повышения кислотности сыворотки с ростом температуры и, соответственно, снижения её качества. Как при этом объяснить довольно низкое значение кислотности ( $19,5^\circ\text{T}$ ), полученное при рекомендуемых автором  $20^\circ\text{C}$  (приведенное в таблице 4.1, стр.102)?

4. В разделе 3.4 диссертации «Разработка метода расчета обратноосмотических установок» (стр. 93-99) автор приводит уравнения, которые не совсем удобны для практических расчетов. По-видимому, было бы

целесообразно составить несложную компьютерную программу с этими уравнениями, что существенно упростит получение конечного результата.

5. При определении осмотического давления молочной сыворотки автор оперирует таким параметром как скорость потока пермеата (стр. 58, 86), который следовало бы заменить на параметр – проницаемость, который принят в мембранной терминологии.

6. Интересно было бы оценить влияние качественного состава исходной питьевой воды на содержание различных соединений в молоке и, соответственно, в молочной сыворотке.

Следует отметить, что приведенные выше замечания не носят принципиального характера и не снижают общей высокой оценки диссертации Лазарева В.А.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в печати. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Диссертационная работа Лазарева Владимира Александровича «Разделение и концентрирование молочной сыворотки на ультрафильтрационных и обратноосмотических мембранах», представленная к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.18 – Мембраны и мембранная технология, соответствует паспорту специальности научных работников 05.17.18 в следующих пунктах: №2 «Теория мембранных процессов, механизмы переноса компонентов через мембраны различной природы. Кинетика мембранного транспорта»; №3 «Разработка принципов функционирования мембран различного назначения при мембранном разделении компонентов жидких и газовых смесей и мембранном катализе»; №4 «Технологические схемы с применением мембранных процессов, их экономическое и экологическое обоснование». Считаю, что представленная диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая по своей тематике, актуальности, научной новизне, достоверности полученных результатов и практической значимости

соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней (в ред. Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 №842), а её автор, **Лазарев Владимир Александрович**, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.18 – Мембраны и мембранная технология.

Официальный оппонент,  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой водного хозяйства  
и технологии воды  
Уральского федерального университета  
им. первого Президента России  
Б.Н. Ельцина

Мигалатий Евгений Васильевич

*Мигалатий*  
08.05.2015

Подпись Е.В. Мигалатия заверяю  
Ученый секретарь  
Уральского федерального университета  
им. первого Президента России  
Б.Н. Ельцина,  
кандидат технических наук,  
доцент



Морозова Вера Анатольевна

НАЧАЛЬНИК УДИОВ  
Н. В. ГОНЧАРОВА

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»  
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, ауд. С-130.  
Тел: +7 (343) 375-97-81; e-mail: [vypper@rambler.ru](mailto:vypper@rambler.ru)