

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

Смирнова Александра Александровича «Повышение эффективности установок обратного осмоса», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология (технические науки)

В современной водоподготовке обессоливание является одной из ключевых задач, и среди доступных технологий обратный осмос выделяется своей энергетической эффективностью и отсутствием фазовых переходов. Однако, обратноосмотические установки имеют и серьёзный недостаток – образование значительных объёмов концентрата, который может составлять до половины исходного потока. Именно поэтому сокращение расхода воды на собственные нужды и минимизация сброса рассолов являются приоритетными направлениями совершенствования таких систем, и диссертационная работа Смирнова А.А. вносит значимый вклад в решение этой проблемы.

Автор предлагает организацию частичной рециркуляции концентрата на вход установки, что позволяет поддерживать оптимальные гидродинамические условия и снизить объём отводимого концентрата до 8 % от исходного расхода при низком солесодержании исходной воды. При этом детально исследовано влияние этого режима на качество пермеата; показано, что в двухступенчатых схемах вторая ступень эффективно компенсирует ухудшение воды после первой, так что конечный продукт практически не теряет в качестве при заметной экономии воды. Это свидетельствует о взвешенном подходе автора к оптимизации технологических параметров.

Не менее важной является проблема оценки пригодности исходной воды для обратноосмотической обработки. Традиционно используемый индекс плотности осадка SDI, будучи эмпирическим, не всегда даёт надёжный прогноз, особенно при переменном составе воды. Автор разработал новый критерий – обобщённый коллоидный индекс, основанный на математическом анализе фильтрации пробы воды потока через тестовую мембрану. Это позволяет количественно оценить склонность воды к коллоидному загрязнению и установить критерий пригодности.

Существенное влияние на результативность работы двухступенчатых обратноосмотических систем оказывает растворённая углекислота, которая свободно проходит через мембраны первой ступени и ухудшает удельное сопротивление фильтрата, создавая дополнительную нагрузку на ионообменные

фильтры доочистки. Для её удаления автор предлагает комбинированный метод, включающий дегазацию и последующее химическое связывание остаточной углекислоты с выведением продуктов на второй ступени обратного осмоса. Эффективность решения подтверждена экспериментальными данными: концентрация углекислоты снижается до менее 0,1 мг/л, а расход реагентов на финишной стадии сокращается более чем на порядок.

В работе также рассматриваются комбинированные схемы обратного осмоса с ионообменной доочисткой. Автор обоснованно указывает, что состав воды после мембранного обессоливания существенно отличается от фильтрата первой ступени ионного обмена, поэтому стандартные режимы регенерации катионита второй ступени в таких системах водоподготовки неоптимальны. Предложен принцип ступенчатой регенерации серной кислотой, предотвращающий образование гипса в слое ионообменной смолы при регенерации.

Таким образом, диссертационная работа охватывает широкий круг взаимосвязанных вопросов – от оптимизации гидродинамических режимов и разработки новых оценочных критериев до совершенствования методов удаления некоторых примесей и эксплуатации комбинированных схем. Все предложения имеют строгое теоретическое обоснование, подкреплённое экспериментами, и несомненную практическую ценность.

По теме диссертации опубликовано 9 научных работ, в том числе 3 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, основные положения работы прошли апробацию на российских и международных научно-технических конференциях.

По содержанию работы имеются следующие вопросы:

1. Чем предложенный способ уменьшения количества концентрата установок обратного осмоса лучше указанных в первой главе процессов OARO, CCRO, VSEP и проч.?
2. Что делать с полученным засоленным концентратом установок обратного осмоса?
3. С.66, рис. 19. Судя по графику, в исходной воде не было частиц малого размера, а после фильтрации они появились?

По материалам автореферата можно заключить, что диссертация Смирнова Александра Александровича на тему «Повышение эффективности установок обратного осмоса» представляет собой законченную научно-квалификационную

работу и соответствует требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденным приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор, **Смирнов Александр Александрович**, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология.

Доктор химических наук,
профессор, главный научный
сотрудник ИНХС РАН им. А.В.
Топчиева

Волков Владимир
Васильевич

“19” июня 2026 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук

Россия, 119991, ГСП-1, Москва, Ленинский проспект, д.29

Тел.: +7 (495) 647-59-27 (доб. 293)

vvvolkov@ips.ac.ru

<http://www.ips.ac.ru/>

Подпись Волкова В.В. удостоверяю:

Подпись профессора Владимира Васильевича Волкова заверяю

Ученый секретарь

д.х.н., доцент Костина Ю.В.

