

А. М. Гонопольский, Д. А. Шилкина,
Российский государственный университет нефти и газа, Москва, Россия

ТЕХНОЛОГИЯ УМЕНЬШЕНИЯ ОБЪЕМА КОНЦЕНТРАТА НА МНОГООБОРОТНОМ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ

One of the negative environmental and economic factors in the process of reverse osmotic purification of water flows is the volume of non-recyclable concentrate, which reaches 25 %–35 % of water treatment and sanitation in various processes. The purpose of this study is to experimentally substantiate the technological scheme of cyclic reverse osmosis treatment of mains tap water, firstly, to minimize the impact of non-recyclable concentrate on the environment and, secondly, to achieve the maximum volume of permeate product for further use.

Одним из негативных эколого-экономических факторов в процессе обратноосмотической очистки водных потоков является объем не утилизируемого концентрата, достигающий в различных процессах 25 %–35 % водоподготовки и водоотведения [1].

Данный фактор не только определяет экономическую эффективность процессов и оборудования, но и характеризует сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду и потребителям. От станции водоочистки вода транспортируется до точки потребления по магистральным трубам. Протяженность трубопровода может достигать 20–30 км и эксплуатироваться в течение десятков лет. За это время на внутренней поверхности накапливаются минеральные отложения, появляется ржавчина. В результате прорывов могут попадать внутрь другие виды загрязнений. Несмотря на то, что в России и европейских государствах санитарные нормы для водопроводной воды строго соблюдаются, использовать ее для питья без дополнительной обработки не рекомендуется. Лучший выход из ситуации – использование фильтров для очистки воды у конечного потребителя. Однако, при любой технологии фильтрации возникает проблема утилизации взвешенного концентрата или осадка, содержащего удаляемые из потока загрязнители.

Целью данного исследования является экспериментальное обоснование технологической схемы циклической обратноосмотической обработки сетевой водопроводной воды, во-первых, для минимизации влияния не утилизируемого

концентрата на окружающую среду и, во-вторых, достижения максимального объема пермеата – продукта для дальнейшего использования.

Как показано на рисунке 1, разработанная технологическая схема циклической обратнoосмотической обработки воды построена на последовательных циклах обработки воды с разделением пермеата предыдущего цикла, направляемого потребителю, и концентрата, направляемого на последующий цикл обратнoосмотической обработки. На последующем цикле обработки образующийся в этом цикле пермеат вновь направляется потребителю, а концентрат подается на третий цикл обработки.

Рис. 1. Принципиальная блок-схема циклической
обратноосмотической установки обработки
водного потока

Процесс повторяется до такого количества последовательных циклов, при котором расход пермеата через мембрану прекращается.

Экспериментальные исследования проводились измерителем общего соледержания серии *Starter ST20T-A*, при температуре воды 20,1 °С по схеме, представленной на рисунке 2, на водопроводной воде, пробы которой отобраны

в районе Коньково г. Москвы, по адресу: ул. Академика Волгина (Москва, ЮЗАО), 1. Рабочее давление на мембране, на которой проводился эксперимент, согласно технологическим данным составляет от 8 до 10 *bar* [10].

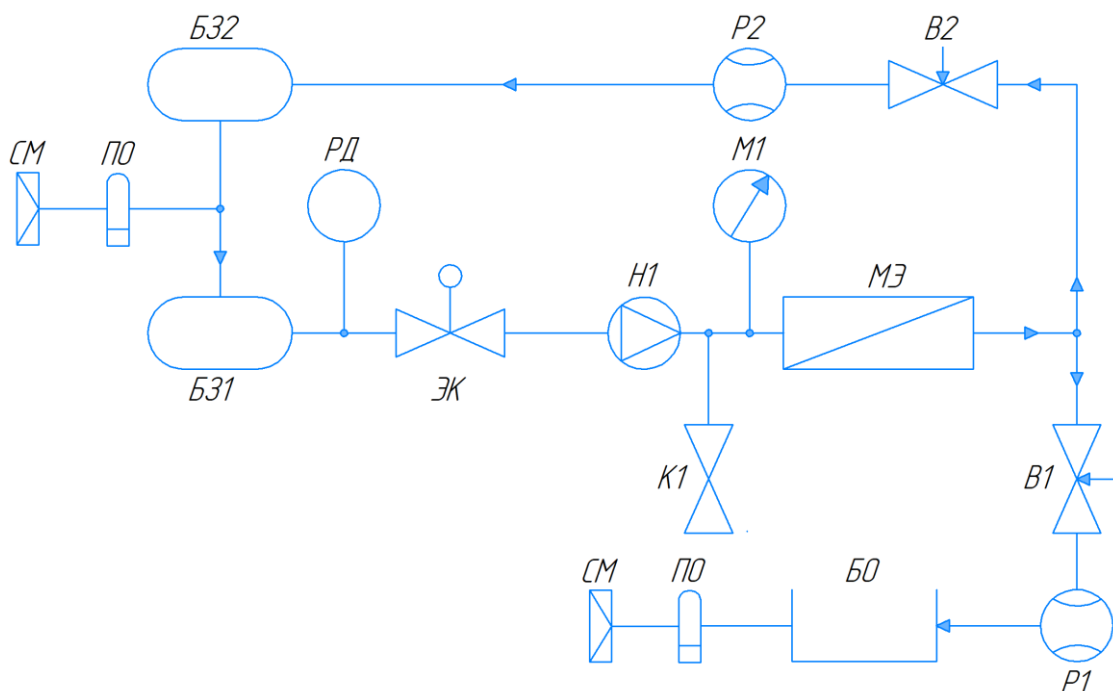


Рис. 2. Аппаратурная схема экспериментальной циклической обратноосмотической установки обработки водного потока:

Б31, Б32 – бак закрытый; РД – реле давления; ЭК – электромагнитный клапан на входе;
 Н1 – насос высокого давления; М1 – манометр «Вход в мембранный блок»;
 МЭ – мембранный элемент; К1 – шаровый кран; В1 – регулировочный вентиль «Расход пермеата»; В2 – регулировочный вентиль «Расход концентрата»; Р1 – расходомер пермеата;
 Р2 – расходомер концентрата; БО – бак открытый; ПО – пробоотбор; СМ – солемер

В ходе эксперимента было выполнено 10 серий обработки воды на каждом из 12 последовательных циклов очистки через обратноосмотическую установку с рулонными картриджами *ULP21-2521* производительностью 1,1 м³/сутки, площадью поверхности мембраны 1,3 м².

В процессе эксперимента на каждом цикле были определены объемы пермеата и концентрата, а также их солесодержание. Среднее по сериям солесодержание исходной воды, которая была подвержена мембранной очистке, составило – 217 *ppm*.

На графиках (рис. 3, 4) представлено изменение солесодержания концентрата, пермеата и их объемов при увеличении количества последовательных циклов.

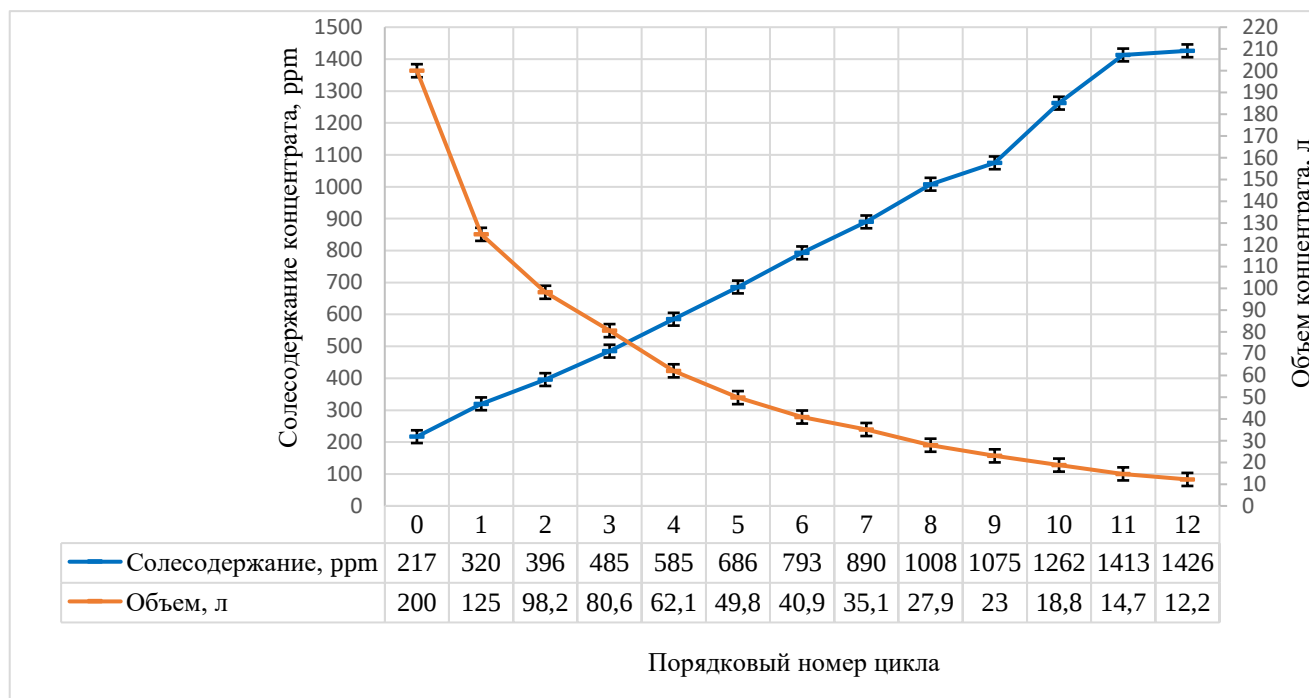


Рис. 3. Изменение суммарного расхода пермеата и его солесодержания от номера цикла

Из представленных экспериментальных данных (рис. 3) можно сделать вывод, что солесодержание пермеата после второго цикла стабилизируется в пределах 11–16 ppm, что соответствует СанПиН 2.1.3684-21, СанПиН 1.2.3685-21. Однако, из представленных экспериментальных данных (рис. 4) видно, что солесодержание концентрата растет с увеличением количества циклов, а объем концентрата уменьшается за счет увеличения объема пермеата на каждом цикле.

Каждое измерение солесодержания и объема пермеата проводилось три раза, доверительный интервал для среднего $\pm 0,95$.

В результате эксперимента можно сделать вывод, что повышение эффективности можно ожидать только на многоступенчатом, многооборотном обратноосмотическом цикле. Одноразовый подход в данном случае не эффективен, процесс должен быть зациклен.

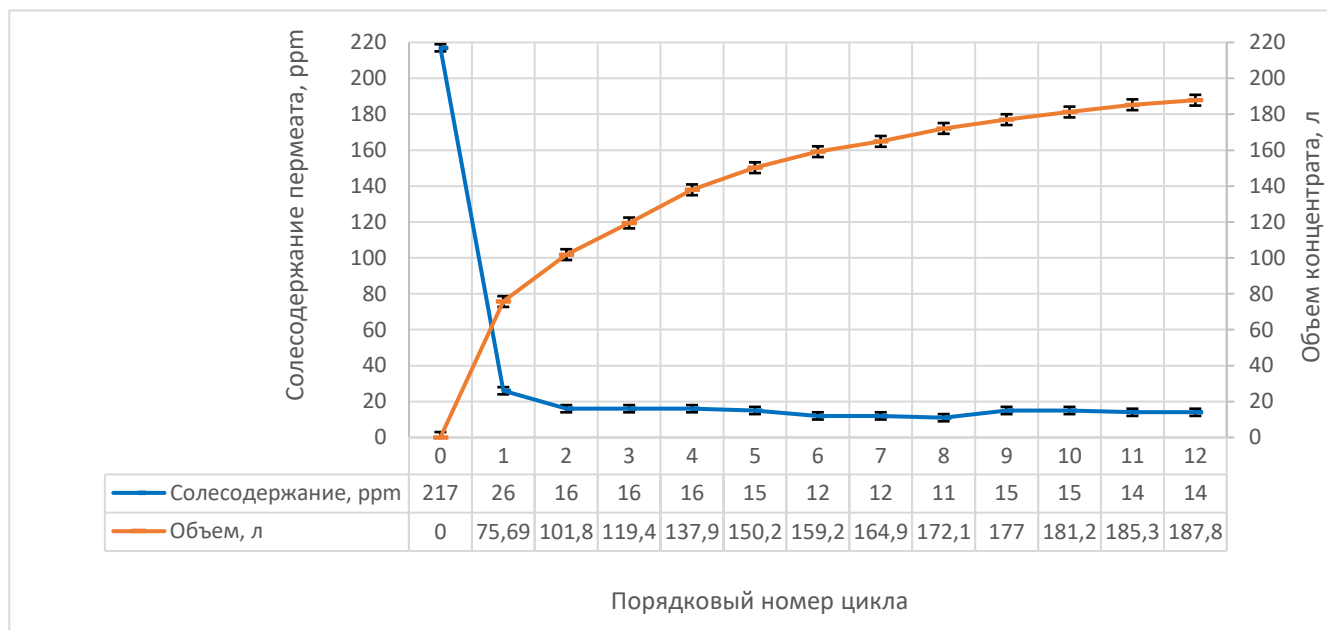


Рис. 4. Изменение суммарного расхода концентрата и его солесодержания от номера цикла

Разработанная технологическая схема цикличной обратноосмотической обработки воды позволяет минимизировать влияние не утилизируемого концентрата на окружающую среду и достичь максимального объема пермеата – продукта для дальнейшего использования, который может быть направлен потребителю.

1. Шилкина, Д. А., Гонопольский, А. М. Технология обращения с концентратом обратноосмотических установок. Сборник трудов XXII международной научно-практической конференции «Система управления экологической безопасностью». – Екатеринбург, – 2023. – С. 305–310.

2. Паспорт Гейзер RO1-4040 «Руководство по монтажу и эксплуатации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://filtersforwater.ru/UserFiles/Instruction/passport-ro1-4040.pdf> (дата обращения: 20.03.2024).

A. M. Gonopolsky, D. A. Shilkina,
Russian State University of Oil and Gas, Moscow, Russia

**TECHNOLOGY FOR REDUCING THE VOLUME OF
CONCENTRATE ON A MULTI-TURN REVERSE OSMOSIS CYCLE**