

УДК 687.02

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕМБРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ
В ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**THE USE OF MEMBRANE TECHNOLOGY
IN WASTEWATER TREATMENT OF LIGHT INDUSTRY**

*П.С. СУЛТАНБЕКОВА, А.А. АБДУОВА, А.Е. ДУАНБЕКОВА, Н. ЕРМАХАНОВ,
Г.Р. НУРМАШЕВА, М. ОРАЛСЫНКЫЗЫ*

*P.S. SULTANBEKOVA, A.A. ABDUOVA, A.E. DUANBEKOVA, N.YERMAKHANOV,
G.R. NURMASHEVA, M. ORALSYNKYZY*

(Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, Республика Казахстан,

(M.Auezov South-Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan)

E-mail: aisulu.abduova@mail.ru

Во всех технически развитых странах мира придается первостепенное значение проблеме рационального использования водных ресурсов и охране их от загрязнения. Интенсивное истощение резервов чистой воды обусловлено в большой степени нарастающим загрязнением водных источников промышленными и бытовыми стоками, а также прогрессирующим их засолением. В связи с этим возникает не менее важная проблема предупреждения поступления вредных веществ и солей в природные водоемы и водостоки и сохранения водоемов для будущих поколений. Проблема эта неразрывно связана с глобальной проблемой охраны окружающей среды. Мембранная система очистки воды – один из самых популярных современных методов фильтрации. Мембранная система очистки воды является на сегодняшний день самой передовой технологией. В основе таких систем лежат полупроницаемые пористые мембраны, через которые проходит водный поток и очищает его от примесей.

In all technically developed countries of the world, the problem of rational use of water resources and their protection from pollution is of paramount importance. The intensive depletion of clean water reserves is largely due to the increasing pollution of water sources by industrial and domestic effluents, as well as their progressive salinization. In this regard, there is an equally important problem of prevention of harmful substances and salts in natural reservoirs and drains and conservation of reservoirs for future generations. This problem is inextricably linked to the global problem of environmental protection. Membrane water purification system is one of the most popular modern filtration methods. Membrane water treatment system is by far the most advanced technology. Such systems are based on semi-permeable porous membranes, through which the water flow passes and clears it of impurities.

Ключевые слова: водные ресурсы, сточные воды, легкая промышленность, мембранная технология, очистка.

Keywords: water resources, waste water, light industry, membrane technology, purification.

Водопользование во всем мире достигло такого уровня, при котором восстанавливаться самостоятельно водные источники попросту не успевают. Уровень загрязненности природных и сточных вод постоянно растет. В легкой промышленности, использующей воду как технологическое сырье, большинство предприятий применяют морально устаревшие схемы водного хозяйства, когда для водоснабжения берется свежая вода, а все образующиеся сточные воды (отработанные технологические растворы, продувочные воды, воды от мойки оборудования и помещений и т.д.) единым потоком проходят очистные сооружения и сбрасываются в водоемы.

Традиционные технологии водоочистки не могут обеспечить необходимую эффективную очистку воды. Освобождение от всех существующих видов загрязнения требует применения фильтрующих технологий, которые сами были бы экологически чистыми. Это заставляет постоянно совершенствовать новые технологии, которые позволят быстро, эффективно и экономически выгодно очистить природные и сточные воды.

Мембранная система очистки воды является на сегодняшний день самой передовой технологией. В основе таких систем лежат полупроницаемые пористые мембраны, через которые проходит водный поток и очищает его от примесей. Мембранные системы задерживают загрязнения и действуют как тончайшие сита. Ненужные удержанные вещества концентрируются в потоке (концентрат), который не накапливается, а выводится из системы. Очищенная вода проходит через мембрану в виде филтрат (пермеата). Чем меньше поры мембран, тем выше степень очистки, но и тем большее давление необходимо применить для филтрации. Мембранные системы очистки воды в зависимости от создаваемого внутри них давления делятся на сис-

темы низкого, среднего и высокого давления. Фильтры, работающие с давлением до 6 атмосфер, чаще всего применяют для очистки пресной воды от всякого рода примесей. Системы среднего давления до 40 атмосфер служат для деминерализации воды. С высоким – более 40 атмосфер – для деминерализации солевых растворов или очистки сточных вод.

Принцип работы традиционных систем водоочистки воды основан на прохождении воды через фильтрующую среду, в конечном итоге, накапливаются загрязнения. Это приводит к необходимости регенерации и дезинфекции среды особыми растворами или к ее замене. Еще в 18 веке было открыто явление самопроизвольного прохождения растворителя через пленку. Если взять два раствора – менее концентрированный и более концентрированный и разделить их пленкой, то растворитель из менее концентрированного раствора будет переходить в более концентрированный.

Явление назвали осмосом, а пленку мембраной. В шестидесятые годы открыли, что при увеличении давления в концентрированном растворе (выше осмотического), будет протекать обратный процесс – молекулы растворителя начинают переходить из концентрированного раствора в разбавленный. Таким образом, явление обратного осмоса стали применять для очистки и опреснения воды в подводных лодках. Степень очистки можно регулировать, применяя мембранные фильтры с порами разного диаметра. Ультрафилтрационные мембраны убирают микроорганизмы, органические соединения и коллоидные частицы, обратноосмотические – до 97...99% всех примесей, пропуская, теоретически, только молекулы воды.

Мембранные системы очистки активно применяются в производстве продуктов питания, лекарственных средств, электронике и т. д. Современные разработки позволяют

значительно уменьшать их стоимость, благодаря этому появилась возможность употреблять их в быту для фильтрации питьевой воды.

Мембранная система очистки воды имеет ряд преимуществ: загрязнения не скапливаются, экологическая чистота, простота эксплуатации и малогабаритность и высокая степень автоматизации. Такая система позволяет получать особо чистую воду, без примесей. А срок службы зависит от состава исходной воды. Пагубное воздействие на них оказывают соли жесткости, растворенное железо, органические соединения. Фильтр будет служить дольше, если будет произведена водоподготовка, в итоге это обойдется дешевле, чем частая замена картриджа.

На предприятиях легкой промышленности существует проблема большого количества стоков с находящимися в них взвешенными и растворенными веществами. Возрастающие расходы на переработку стоков вынуждают предприятия обращать особое внимание на внедрение передовых технологий по их переработке. При работе со стоками, содержащими органические вещества или соли, оказывается целесообразным применение баромембранных методов.

Осуществление замкнутых циклов водообеспечения отделочных производств текстильной промышленности может основываться на сочетании нескольких способов очистки, обеспечивающих достижение стандартных требований к очищенной воде. Однако недостатком многостадийных способов очистки является их громоздкость, сложность применяемого оборудования, значительные материальные и трудовые затраты. С введением каждой дополнительной ступени растет стоимость очистки воды. Если принять стоимость 90%-ной степени очистки за единицу, то очистка на 99% обходится примерно в 10 раз дороже, а очистка на 99,9%, которая часто требуется, будет дороже в 100 раз [1].

В результате локальная очистка сточных вод с целью их повторного использования в производстве во многих случаях оказывается дешевле их полной очистки до соответствия требованиям санитарных норм.

В последнее время наибольший интерес из методов очистки сточных вод представляет мембранная технология. При ее использовании количество отходов в окружающую среду не увеличивается, что принципиально важно при создании замкнутых систем водоснабжения объектов реализации "экологически чистого" процесса основной технологии. В отличие от традиционной очистки воды, мембранные методы позволяют одновременно очищать воду от органических и неорганических компонентов, бактерий и других загрязнений. Наиболее целесообразно применение данного метода на сбросе от отдельных технологических линий, где сточные воды содержат преимущественно какой-либо один компонент: краситель, синтетический шлихтующий реагент и т.п., которые при их концентрировании могут быть использованы повторно.

Мембранные способы отличает экономичность и простота конструкции, возможность осуществлять их при температуре окружающей среды.

В качестве основных объектов исследования изучали мембраны отечественного производства: микрофильтрационные марок МФЦ-2, МФЦ-3, УМТ, МПМ-450, УМТ-10, ПВХ, УПМ, УНФЛ, МГА, МФФК-1, МФА, ультрафильтрационные марок ПСА, Ф-1, Ф-42Л, ПСУ-10, УАМ-100, ПА-20, нанофильтрационные марок УНФЗ, ОФМН-П – для разделения, концентрирования и очистки сточных вод, содержащих акриловые дисперсии, жировые и мылосодержащие вещества, нефтепродукты, красители различных классов, ПАВ, ТВВ, традиционно применяемых в химической и легкой промышленности.

При выполнении работы применяли следующие физические и физико-химические методы исследования: спектрофотометрия отражения и поглощения в видимой части спектра, световая электронная микроскопия, стандартные методы оценки параметров мембран, пермеата и концентрата. Физико-механические характеристики тканей и физико-химические показатели качества их окраски определяли в соответствии со стандартными методиками и действующими ГОСТ. В работе применялись

стандартные и специально сконструированные установки. Обработку результатов измерений проводили методами математической статистики.

На основе предложенного подхода разработаны:

- математические модели для определения потери давления по длине мембранного канала трубчатого типа для инженерных методов расчета аппаратов, реализующих баромембранные процессы;

- математические модели совмещенных процессов МФ-, УФ-, НФ-разделения на основе учета влияния сопротивления селективного слоя мембраны, гелеобразования на поверхности мембраны и закупорки пор от времени;

- математические модели массопередачи в МФ-, УФ-, НФ-процессах на основе критериальных уравнений и способы интенсификации возврата ценных компонентов в производственный цикл;

- на основе полученных результатов экспериментальных исследований выполнена идентификация моделей тепломассопереноса при разделении на МФ-, УФ-мембранах стоков, содержащих сернистые и кубовые красители при добавлении серной кислоты;

- для очистки сточных вод отделочных предприятий текстильной промышленности от ионов тяжелых металлов (хрома, цинка, кадмия, меди, никеля, железа) трубчатыми и плоскими полимерными УФ-, НФ-мембранами от 33 до 100% доказана необходимость добавления комплексонов – динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты, полиакриламида, оксиэтилен-дифосфорной кислоты;

- для эффективного разделения сточных вод, образующихся при расклихтовке тканей, основные нити которых ошлихтованы синтетическими препаратами, предложен способ и устройство обработки тканей запариванием, которое осуществляют перед промывкой насыщенным водяным паром в течение 3,5...4,0 с, что позволяет регенерировать шлихту при разделении на УФ-мембранных элементах, а очищенную воду повторно использовать в технологическом процессе;

- при УФ-разделении акриловых дисперсий с начальной концентрацией 0,5...0,7 г/л (этилакрилаты, бутилакрилаты, метилметакрилаты, акрилонитрил, стирол, этиленгликоль, этиленбензол, венилацетат, акриловая кислота) создают условия для турбулизации ламинарного пограничного слоя над мембраной для последующей их реутилизации;

- предложены новые конструкции устройств для предварительной очистки стоков от мелкодисперсных примесей, волокнистых включений и защиты селективной поверхности мембран на установках баромембранного разделения.

На основе полученных моделей сформулирована и решена задача эффективного разделения стоков на МФ-, УФ-, НФ-отечественных мембранах с целью создания малоотходных технологий в химической и текстильной отраслях промышленности.

Разработаны научные и методологические основы описания стабильности работы МФ-, УФ-, НФ-процессов разделения жидких сред химических и текстильных предприятий.

Сущность мембранных методов заключается в продавливании растворов через полупроницаемые мембраны (ППМ), пропускающие молекулы растворителя и задерживающие молекулы растворенного вещества.

К основным методам мембранного разделения жидких смесей относятся: обратный осмос и ультрафильтрация (УФ). УФ-процесс разделения высокомолекулярных и низкомолекулярных соединений в жидкой фазе с использованием селективных мембран, пропускающих молекулы размером менее чем $5 \cdot 10^{-3}$ мкм [2]. В процессе обратного осмоса размер задерживаемых молекул находится между $5 \cdot 10^{-4}$... $5 \cdot 10^{-5}$ мкм. Для УФ характерны низкие давления ведения процесса: 0,05...0,5 МПа; для обратного осмоса – высокие: 1...10 МПа. Осмотическое давление в первом случае незначительно, во втором – может составлять от 3 до 5 МПа. В то же время оба процесса реализуются с использованием однотипных ППМ и аппаратов. Процессы обратного осмоса и ультрафильтрации проводятся в

условиях повышенного давления в системе, и им свойственно явление концентрационной поляризации (КП), которое заключается в увеличении концентрации растворенного вещества у поверхности мембран вследствие преимущественного переноса растворителя через мембрану. В результате происходит падение проницаемости и селективности, сокращается срок службы мембран. Для уменьшения вредного влияния КП необходимо турбулизовать прилегающий к поверхности мембраны слой жидкости. Этого добиваются применением различного рода турбулизаторов и увеличением скорости протекания жидкости вдоль мембраны [3].

В настоящее время выдвинут ряд гипотез для теоретического описания процессов разделения через непористые и пористые полимерные мембраны. Рассмотрено влияние на процесс разделения различных факторов: температуры, давления, природы разделяемых веществ, характеристик мембран, концентрации компонентов в разделяемом растворе. Наиболее близкой к описанию механизма селективного разделения, по нашему мнению, является точка зрения, предложенная А.Н. Черкасовым. Согласно этой теории на поверхности мембраны не происходит полного перекрытия пор слоем связанной воды и слоем геля, размеры пор уменьшаются на некоторую постоянную величину, зависящую от свойств разделяемых растворов и от режима протекания процесса.

Среди аппаратов для УФ можно выделить четыре основных вида, которые отличаются типами используемых мембран: с плоскими мембранными элементами, с трубчатыми мембранными элементами, с мембранами в виде полых волокон и патронные фильтры.

На основании проведенных исследований по оценке пригодности отечественных полимерных мембран "Владипор" при очистке отработанных вод красильно-отделочного производства выявлены мембраны, имеющие наибольшую производительность и высокую степень селективности по отношению к органическим соединениям, таким как акриловые дисперсии,

поливиниловый спирт, кубовые, прямые и активные красители, пигменты. Самыми оптимальными параметрами обладают трубчатые мембраны БТУ-0,5/2 марок А-1, Ф-1, ПСА-1.

Микрофильтрация – это разделение частиц микронных размеров (от 0,1 до 10 мкм). Осмотическое давление здесь играет незначительную роль, так как частицы относительно велики, а их количество в данном объеме незначительно. Частицы, не прошедшие через мембрану, накапливаются на ее поверхности, образуя плотный слой. Модель переноса при микрофильтрации строится на основе уравнений потока жидкости через мембрану (1), потока жидкости через слой задержанных частиц (2) и переноса растворенного вещества через пограничный слой (3).

Так как растворенное вещество не проходит через мембрану, уравнения для его потока и уравнение непрерывности не нужны:

$$Q_3 = 1/R_m (P_2 - P_3), \quad (1)$$

$$Q_2 = 1/R_r (P_1 - P_2), \quad (2)$$

$$G = -D \frac{dx}{d\ell}, \quad (3)$$

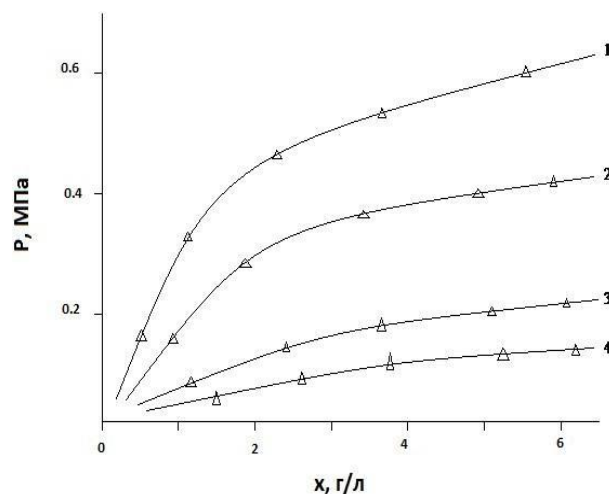


Рис. 1

На рис. 1 показано изменение концентраций растворенного вещества у поверхности мембраны в условиях концентрационной поляризации при турбулентном течении разделяемого раствора: 1 – мембрана ПСА-1, 2 – Ф-1, 3 – МФЦ-50, 4 – МФК-100.

Разделяемый раствор синтетической шлехты ПВС с начальной концентрацией 0,5 г/л.

Диффузионный поток растворенного вещества через любое сечение пограничного слоя (уравнение (3)) равен потоку растворенного вещества в противоположном направлении под воздействием общего потока. Интегрируя по толщине пограничного слоя δ , получим:

$$Q_3 = D/\delta \ln X_2/X_1 . \quad (4)$$

Часто определение толщины пограничного слоя вызывает трудности, тогда D/δ заменяют на β . Концентрация не прошедших через фильтр частиц у поверхности мембраны в условиях микрофльтрации быстро достигает уровня насыщения. При выполнении этого условия X_2 заменяют константой X_c (концентрация в примембранном намывном слое).

Уравнения (1) и (2) можно суммировать для исключения P_2 , тогда:

$$Q_3 = 1/ (R_r + R_m) (P_1 - P_3). \quad (5)$$

Уравнения (3) и (4) образуют математическую модель переноса в микрофльтрационных процессах с учетом слоя задержанных частиц. В данной модели учитывается лишь одна характеристика мембран, которая по сравнению с характеристикой пограничного слоя в практических условиях становится несущественной, поэтому процесс микрофльтрации почти полностью зависит от характеристик пограничного слоя. В данной модели переноса четыре параметра (R_m , R_r , β , X_c), которые необходимо определить для прогнозирования потока пермеата.

Значение коэффициента диффузии растворенного вещества D в уравнении (5) является вопросом дискуссионным. Коэффициент диффузии, выражаемый уравнением Стокса-Энштейна, при расчете дает заниженные значения, вследствие потока пермеата, и, как следует из литературы, определение D по уравнению (4) гораздо лучше согласуется с экспериментальными данными.

Коэффициент массоотдачи с учетом коэффициента диффузии выражается урав-

нением, с помощью которого можно определить строгую линейную зависимость, и, следовательно, он лучше коррелирует с экспериментальными данными.

Концентрация в слое не прошедших через мембрану частиц с достигает теоретически максимального значения 0,74 для жестких сфер шестиугольной компоновки, большие значения могут наблюдаться у смесей частиц с различными размерами. В макромолекулярных растворах наблюдаются более низкие значения X_c – от 0,2 до 0,4.

Использовать математическую модель микрофльтрации для прогнозирования потока пермеата затруднительно в связи со сложностью точной оценки параметров модели. Возможно применять эту модель для анализа рабочих характеристик, являющихся необходимыми для понимания процесса микрофльтрации. Поток пермеата увеличивается с ростом давления, но растет и сопротивление граничного слоя R_r , приводя к нелинейности его изменения. Концентрация у поверхности мембраны не прошедших через нее веществ X_2 также растет с увеличением потока, вплоть до начала формирования намывного слоя. С дальнейшим ростом давления толщина и насыщение этого слоя увеличиваются, повышая его гидравлическое сопротивление R_r .

Поток пермеата с увеличением концентрации в напорном потоке с уменьшается. Одновременно увеличивается концентрация растворенного вещества у поверхности мембраны X_2 , и происходит процесс образования примембранного намывного слоя. В этот момент X_2 становится постоянной и равной X_c , и уменьшение потока можно выразить логарифмической функцией с одной переменной X_1 .

Микрофльтрация – процесс мембранного разделения коллоидных растворов и взвесей под действием давления. Размер разделяемых частиц от 0,1 до 10 мкм. Микрофльтрация – переходный процесс от обычного фильтрования к мембранным методам. Для микрофльтрации используют мембраны с симметричной анизотропной микропористой структурой. Размеры пор от 0,1 до 10 мкм. Мелкие частицы растворенного вещества и растворитель проходят

через мембрану, а концентрация задерживаемых частиц возрастает. Поток раствора вдоль разделительной мембраны позволяет удалять концентрированный слой, примеси твердых частиц и других образований, от которых была необходимость освободить раствор и растворитель. Прошедший через мембрану растворитель выносит микровключения, которые направляют на технологические линии для разделения в следующих циклах. МФ используют при разлении суспензий, эмульсий и очистке загрязненных механическими примесями промышленных сточных вод, а также при получении стерильных растворов. Применяемые для микрофльтрации мембраны имеют пористую структуру и действуют как глубокие фильтры. Удерживаемые частицы осаждаются внутри мембранной структуры. Концентрационная поляризация при микрофльтрации относится к учитываемому явлению. Для удаления осаждающихся частиц с поверхности микрофльтрационной мембраны используют приемы специального воздействия: поперечный поток, обратная промывка, ультразвуковая вибрация. Долговечность мембран зависит от химической стойкости материала, из которого они сделаны.

Ультрафльтрация – это разделение макромолекул и коллоидных взвесей молекулярной массой от 1000 до 500 000. Размер пор мембраны – от нескольких нанометров до 0,1 мкм. При ультрафльтрации задерживаются молекулы и частицы с размерами, превышающими размер пор мембраны как при микрофльтрации, но сами мембраны, которые применяют при ультрафльтрации, изготавливаются на базе мембран для обратного осмоса (нанофльтрации), а не на основе мембран для микрофльтрации. Сопротивление пор обратно пропорционально четвертой степени их диаметра, и для достижения потоков пермеата требуется, чтобы ультрафльтрационные мембраны были в несколько раз тоньше мембран для микрофльтрации.

Недостаток процесса – сильная концентрационная поляризация, то есть на поверхности мембраны может образовываться плотный осадок – слой геля. Гидравличес-

кое сопротивление этого слоя в ряде случаев может быть выше, чем сопротивление самой мембраны. Способы снижения концентрационной поляризации различны: увеличение скорости омывания поверхности мембраны потоком разделяемой жидкости, работа в пульсирующем режиме подачи раствора, турбулизация потока [4]. В результате ультрафльтрационного разделения получают два раствора, один из которых является обогащенным, а другой – обедненным растворенным веществом, содержащимся в исходном, подлежащем разделению веществе. Точка гелеобразования зависит от его химических и физических свойств.

Большое значение имеет использование этого процесса при разделении веществ, чувствительных к температурному режиму, так как при ультрафльтрации растворы не нагреваются и не подвергаются химическому воздействию. Отсюда очень низкие энергетические затраты, примерно в 20...60 раз ниже, чем при дистилляции. Из всех видов мембранного разделения ультрафльтрация нашла наиболее разнообразное применение. Важное промышленное применение ультрафльтрации – разделение эмульсии масла и воды. При НФ осмотическое давление по сравнению с необходимым гидравлическим давлением становится существенным. Большое значение имеет использование этого процесса при разделении веществ, чувствительных к температурному режиму, так как при ультрафльтрации растворы не нагреваются и не подвергаются химическому воздействию. Отсюда очень низкие энергетические затраты, примерно в 20...60 раз ниже, чем при дистилляции.

Как отмечалось в аналитическом обзоре, разделение промышленных сточных вод МФ-, УФ-, НФ-методами является перспективным направлением для создания малоотходных технологий. Все больше внимания в настоящее время уделяется поиску новых перспективных методов очистки воды, более компактных, дешевых, простых в эксплуатации по сравнению с традиционными методами. Все три процесса имеют сходное аппаратное оформление,

механизм разделения и материал мембран. При эксплуатации НФ-установок накопившиеся в процессе работы на поверхности мембран осадки (задержанные из воды загрязнения), так же как при обратном осмосе, удаляются с помощью химических промывок (то есть с применением реагентов). В технологическом плане ультрафильтрационные установки принципиально отличаются от нанофильтрационных. Так, при эксплуатации ультрафильтрационных мембран удаление загрязнений с поверхности мембран производится обратным током, как у МФ-фильтров. Поэтому безреагентная МФ, УФ в некоторых случаях достаточно перспективна.

Ультрафильтрация – это процесс, занимающий промежуточное положение между нанофильтрацией и микрофильтрацией. Ультрафильтрационные мембраны имеют размер пор от 20 до 1000 А (или 0,002-0,1 мкм) и позволяют задерживать тонкодисперсные и коллоидные примеси, макромолекулы (нижний предел молекулярной массы составляет несколько тысяч), водоросли, одноклеточные микроорганизмы, цисты, бактерии и вирусы. Исследователи, работающие в данной области, в ряде случаев допускают возможность применения установок на основе ультрафильтрации на мембранах для обработки подземных вод с повышенным содержанием трёхвалентного железа. Правильное использование ультрафильтрации для очистки воды позволяет сохранить ее солевой состав, осуществить осветление и обеззараживание воды без применения химических веществ. В отличие от обратноосмотического и нанофильтрационных процессов обработка воды с помощью ультрафильтрационных мембран заключается в "тупиковой" фильтрации воды через мембрану без сброса концентрата. Такой режим работы позволяет сократить расход воды на собственные нужды станции очистки и уменьшить ее общее энергопотребление. Процесс фильтрования длится 20...60 мин, после чего следует обратная промывка мембраны. Для этого часть очищенной воды под давлением подается в фильтрационный тракт в течение 20...60 с. В процессе обратной промывки

вода уносит с поверхности мембран слой накопившихся загрязнений. Тем не менее, для восстановления первоначальной производительности несколько раз в год проводится химическая промывка мембранных аппаратов специальными кислотными и щелочными реагентами для удаления накопленных загрязнений. Микрофильтрация – это процесс механического фильтрования, позволяющий задерживать тонкодисперсные и коллоидные примеси, водоросли, одноклеточные микроорганизмы размером, как правило, выше 0,1 мкм. В обычной практике зачастую под процессами микрофильтрации понимают процессы, где применяются дисковые, картасно-навитые и патронные фильтры. Однако на такие фильтры нельзя подавать воду с относительно высоким содержанием взвешенных веществ, поэтому их устанавливают в качестве последней стадии очистки в линиях водоподготовки или на начальной стадии перед УФ и НФ.

В Ы В О Д Ы

Промышленное разделение сточных вод можно представить как комплексную задачу, состоящую из следующих этапов: сбор технической информации и подготовка технического задания на проектирование установки для предприятия; определяется состав сточных вод, возможность возврата компонентов сточных вод, моделируется процесс разделения, концентрирования и очистки и проектирование процесса с предоставлением схемы, технических характеристик оборудования, сроков поставки, стоимости оборудования и расчётных эксплуатационных расходов; сравнение предложенной технологии разделения промышленных стоков с другими аналогами; производство и поставка МФ-, УФ-, НФ-оборудования, монтаж пуск, опрессовка и наладка оборудования; проведение технических консультаций и специальное обучение специфике работы комплекса; обеспечение необходимой технической документацией; поставка расходных элементов, реагентов, фильтрующих материалов и комплектующих [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Abduova A.A., Myrhalykov Zh.U., Janpaizova V.M., Satayev M.I.* Rational Use of Refined Sewage Waters in Light Industry for Tree Plantations Irrigation // Textile Industry Technology Scientific and Technical Journal. – № 1 (355), 2015. P. 122...135.
2. *Abduova A.A., Dzhumabekov A.A., Maliktayuli M. and Zhumabekov A.* Optimization of the Choise of the Sewage Treatment Method and Device at Industrial Enterprises // World Applied Sciences Journal. – 30(1): 76-82,2014 ISSN 1818-4952 IDOSI Publisations,2014. P.85...88.
3. *Abduova A.A., Janpaizova V.M.* Technical improvement of wastewater treatment. Global science and innovation // Materials of the I international scientific conference. – Vol.2.Chicago, USA. 2013. P.102...109.
4. *Новорута А.* Виды ультрафильтрационных мембран для обессоливания воды // Каталог мембран технического университета. – Вроцлав (Польша), 1993. С.5...8.
5. Мембранные фильтры фирмы "Сарториус". Каталог. – Готтинген (Германия), 2002.

REFERENCES

1. *Abduova A.A., Myrhalykov Zh.U., Janpaizova V.M., Satayev M.I.* Rational Use of Refined Sewage Waters in Light Industry for Tree Plantations Irrigation // Textile Industry Technology Scientific and Technical Journal. – № 1 (355), 2015. R. 122...135.
2. *Abduova A.A., Dzhumabekov A.A., Maliktayuli M. and Zhumabekov A.* Optimization of the Choise of the Sewage Treatment Method and Device at Industri-al Enterprises // World Applied Sciences Journal. – 30(1): 76-82,2014 ISSN 1818-4952 IDOSI Publisations,2014. P.85...88.
3. *Abduova A.A., Janpaizova V.M.* Technical improvement of wastewater treatment. Global science and innovation // Materials of the I international scien-tific conference. – Vol.2.Chicago, USA. 2013. P.102...109.
4. *Novoruta A.* Vidy ul'trafil'tratsionnykh membran dlya obessolivaniya vody // Katalog membran tekhnicheskogo universiteta. – Vrotslav (Pol'sha), 1993. S.5...8.
5. *Membrannye fil'try firmy "Sartorius".* Katalog. – Gottingen (Germaniya), 2002.

Рекомендована кафедрой водных ресурсов, зем-
лепользования и агротехнологии ЮКГУ им. М. Ауэ-
зова. Поступила 05.03.20.